

Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente
Vestiging Aalsmeer
Linnaeuslaan 2a, 1431 JV Aalsmeer
Tel. 0297-352525, fax 0297-352270

ISSN 1385 - 3015

TOEPASSING ENERGIEBESPARENDE MAATREGELEN IN EEN BELICHTE ROZENTEELT ONDER SCHERM

Project 004-1305

Dr. ir. J. Vogelesang, PBG Aalsmeer
Ir. E. van Rijssel, PBG Aalsmeer
Ing. C. Bloemhard, PBG Naaldwijk
Ing. K. Schouten, PBG Zuid-Nederland
Ing. F. van Noort, PBG Noord-Nederland

Aalsmeer, oktober 1997

Rapport 226
Prijs f 25,00

Rapport 226 wordt u toegestuurd na storting van f 25,00 op gironummer 174855 ten name van PBG-Aalsmeer onder vermelding van 'Rapport 226, Toepassing energiebesparende maatregelen in een belichte rozenteelt'.

ISBN 971222

INHOUD

SAMENVATTING	5
1. INLEIDING	6
2. MATERIAAL EN METHODEN	7
2.1 Proefopzet	7
2.2 Teeltmethode	9
2.3 Meetmethoden en waarnemingen	10
2.3.1 Meetplan klimaat en energieverbruik	10
2.3.2 Meetplan productie en productkwaliteit	12
3. RESULTATEN	14
3.1 Effect klimaatstrategieën op kasklimaat en energieverbruik	14
3.1.1 Effecten op temperatuur en luchtvochtigheid	14
3.1.2 Effecten op energieverbruik	18
3.2 Effect klimaatstrategieën op productie	20
3.2.1 Het productieverloop	20
3.2.2 Behandelingseffecten	21
3.3 Effect klimaatstrategieën op produktkwaliteit	21
3.3.1 Effecten op takgewicht en taklengte	21
3.3.2 Effecten op houdbaarheid	23
3.4 Locatieverschil en leeftijdseffect	25
4. DISCUSSIE	27
4.1 Kasklimaat, temperatuur en rv	27
4.2 Energiebesparing	27
4.3 Productie	28
4.4 Planttijdstip	29
5. CONCLUSIES	30
LITERATUUR	31
BIJLAGEN	
Bijlage 1: Verloop rv voor de dag, de voornacht (onbelicht) en de nanacht (belicht)	
Bijlage 2: Productiegegevens per behandeling per snee, biomassa, stuksproductie en takgewicht	
Bijlage 3: Analyse van het effect van de weersomstandigheden op energieverbruik en besparing	

SAMENVATTING

Dit project is opgezet om te bestuderen in hoeverre het mogelijk is om, met gebruik van een bovenafscherming om lichtuitstoot te voorkomen, het energieverbruik terug te dringen. Het idee was om de oplopende kastemperatuur na sluiting van het scherm te benutten en de hogere kastemperatuur tijdens de nacht overdag te compenseren met een verlaagde kastemperatuur. Om de kastemperatuur overdag te kunnen realiseren zonder veel warmte af te luchten, moest de minimum buistemperatuur worden teruggedrongen. Het project omvatte zodoende vier behandelingen:

- een controlebehandeling zonder schermtoepassing
- een controlebehandeling met scherm
- een behandeling met een minimum buistemperatuur, alleen op te hoge rv.
- een behandeling als bovenstaand, gecombineerd met een DIF-behandeling.

Op de ROC Horst van het PBG zijn bovenstaande vier behandelingen in bijna twee seizoenen uitgevoerd in 1996 en '97. Op de ROC Klazienaveen is een herhaling van de onderste drie behandelingen uitgevoerd.

De verzameling van de klimaatdata in Klazienaveen is door een reeks problemen bij de oplevering van het data-logstelsel zeer problematisch verlopen. De verzamelde data van het kasklimaat bleken achteraf dermate veel onjuistheden te bevatten dat ze niet gebruikt zijn.

Energiebesparing door schermtoepassing is te realiseren bij buitentemperaturen beneden 10°C. Dit komt overeen met het resultaat uit de voorgaande proef. Een verdergaande energiebesparing kon worden gerealiseerd door het gebruik van minimum buis te beperken tot alleen de uren dat de rv te hoog opliep. Het nog verder terugdringen van het energieverbruik door toepassing van DIF bleek minder eenvoudig. Overdag kan er zeer geregeld bespaard worden op het energieverbruik, doch de gerealiseerde besparing wisselt per dag, afhankelijk van de buitentemperatuur en de hoeveelheid instraling. Een dagelijkse verhoging van de kastemperatuur tijdens de belichte uren in de nacht kost vaak energie. De vaste instelling van de DIF-behandeling gedurende de gehele belichte periode heeft nauwelijks geleid tot energiebesparing. Om de potentieel mogelijke hoeveelheid energiebesparing te realiseren is een temperatuur-integrerende regeling nodig, waarbij de nachttemperatuur alleen wordt verhoogd als met de kastemperatuur overdag de gewenste etmaaltemperatuur niet gehaald dreigt te worden.

Sluiting van het scherm heeft in warmere perioden nauwelijks geleid tot een hoger oplopende rv. Snel afluchten van de warmte als de kastemperatuur boven het gewenste niveau opliep kan hieraan hebben bijgedragen. Toelaten van een hogere kastemperatuur bij de DIF-behandeling heeft echter eerder geresulteerd in een lagere dan in een hogere rv. Tijdens koudere dagen heeft sluiting van het bovenscherm geleid tot een minder ver teruglopen van de rv, zowel in de onbelichte als tijdens de belichte nachturen.

De gerealiseerde productie is voor alle behandelingen gelijk geweest. Er was geen verschil in de biomassa-productie, het aantal stuks en de kwaliteit van de productie. Ook de houdbaarheid is niet door de behandelingen beïnvloed.

1. INLEIDING

In de sierteelt wordt, na daling van de gasprijs, bij een aantal belangrijke snijbloemen nauwelijks meer gestreefd naar een minimaal energieverbruik. Het verkennen van de mogelijkheden tot reductie van het energieverbruik wordt echter in toenemende mate van belang, niet alleen in het kader van de Meerjarenafspraken-Energie (milieu-doelstelling), maar ook vanwege verwachte stijgingen van de gasprijs (milieuheffing op energieverbruik). In het rapport 'Energiebesparingsonderzoek glastuinbouw' (Welles et al., 1993) is de (her)introduktie van energieschermen genoemd als een van de meest perspectiefvolle mogelijkheden voor energiebesparing op korte termijn. De energiebesparing kan verder verhoogd worden door het schermgebruik te combineren met toepassing van lage dag- en hoge nachttemperaturen (ookwel negatieve DIF genoemd). Dit laatste geldt nog in sterkere mate voor belichte teelten met Warmtekrachtkoppeling (WKK) waarbij geregeld een warmteoverschot optreedt tijdens de belichte nachturen. In het project 'Schermen in combinatie met assimilatiebelichting' is aangetoond dat het mogelijk is enigszins aangepaste, energiebesparende bovenschermen te gebruiken in combinatie met assimilatiebelichting zonder productie- of kwaliteitsverliezen (Van Rijssel et al, 1995). In dit project is voor het gewas roos een begin gemaakt met het optimaliseren van het klimaat bij schermgebruik (toepassing van een lagere dagtemperatuur ter compensatie van een hoge nachttemperatuur). Diverse onderzoeken hebben aangetoond dat deze klimaatstrategie goede perspectieven kan bieden voor roos (Van den Berg, 1987; Hendriks und Scharpf, 1987; Mortensen and Moe, 1992).

Een andere belangrijke mogelijkheid voor energiebesparing is het reduceren van het gebruik van de minimum buis. Bij het gewas tomaat is gebleken dat vraagtekens gezet kunnen worden bij de huidige inzet van de minimum buis (Bakker, 1994, Rijdsijk, 1996). Een belangrijk hiaat bij het gebruik van minimum buis is het ontbreken van kwantitatieve informatie over grenswaarden ten aanzien van de vochtregeling (minimaal benodigde verdamping, ziekten en afwijkingen) (Welles et al., 1993). De mogelijkheid tot vermindering van het gebruik van minimum buis bij roos is onderzocht in het project 'Effecten van kasklimaatfactoren op de gewas-transpiratie' (PBG-project). Uit dit onderzoek is gebleken dat een minimumbuisstemperatuur wel de verdamping stimuleert en tot enige verhoging van de kastemperatuur leidt, maar geen significant effect heeft op de productie (De Graaf, 1995). Dit onderzoek heeft ten doel om de genoemde besparingsmogelijkheden (gebruik bovenscherm, vermindering minimum buis en toepassing negatieve DIF) te integreren tot een optimale, energiezuinige kasklimaatregeling voor belichte rozen. Een grote, constante inzet van de minimum buis overdag beperkt de mogelijkheden van toepassing van een lage dagtemperatuur bij negatieve DIF. In dit onderzoek is de inzet van een minimum buis gekoppeld aan minimale verdampings- en gewasbeschermingeisen. Kwantitatieve gegevens ten aanzien van grenswaarden voor ziekten (Botrytis) bij roos zijn gebaseerd op onderzoekresultaten van Kerssies (1993). Voor de inzet van de aanwezige belichtingsinstallatie is gekozen voor een energie-zuinige inzet zoals beschreven in het rapport 'Optimaal belichten' (Van Rijssel et al, 1995). Bij een energiezuinige belichtingsstrategie blijft de intensiteit onder de 800 lampen per ha en de gebruiksduur beperkt tot 3500 - 4500 uur per jaar.

2. MATERIAAL EN METHODEN

2.1 PROEFOPZET

Het onderzoek is uitgevoerd in de periode januari 1995 tot mei 1997 op de regionale locaties van het Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente in Klazienaveen en Horst. De proef is opgezet met een nieuw rozengewas, cultivar 'First Red', een grootbloemige roos. Na een opkweekperiode van een half jaar zijn gedurende twee opvolgende productie jaren verschillende klimaatbehandelingen uitgevoerd. In Klazienaveen is geteeld in drie afdelingen van 307 m² bruto kas, in Horst waren vier afdelingen van 384 m² beschikbaar voor dit onderzoek. Per locatie hingen er evenveel lampen in elke afdeling, 1 lamp op 12,5 m² (30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$, \pm 2700 lux). Op beide locaties is in drie afdelingen een bovenscherm geïnstalleerd. Hiervoor is LS obscura black/white gebruikt, één van de doeken uit voorgaand schermonderzoek bij roos dat luchtloortlatend is gemaakt door middel van ingeweven kieren (Rijssel et al. 1995a). De vierde afdeling in Horst is uitgerust met een scherminstallatie zonder doek om verschillen in schaduwwerking tussen de afdelingen te minimaliseren.

In de proefopzet is uitgegaan van oplopende energiebesparingsmogelijkheden, waarbij eerst de minimum buis gereduceerd moet worden, voordat negatieve DIF geïntroduceerd kan worden:

Behandeling 0: controle zonder scherm (Horst)

Behandeling 1: controle

Behandeling 2: reductie minimum buis

Behandeling 3: reductie minimum buis + introductie negatieve DIF

De klimaatinstellingen zijn tussen de locaties zoveel mogelijk op elkaar afgestemd, verschillen kwamen vooral voort uit instelmogelijkheden op de aanwezige klimaatcomputers. Er is binnen elke locatie gestreefd naar een gelijke etmaaltemperatuur tussen de behandelingen om daaruit voortvloeiende verschillen in gewasontwikkeling te voorkomen.

Assimilatiebelichting

De belichting is in beide seizoenen 1 september gestart en begin mei beëindigd. Er is belicht vanaf zes uur na zonsondergang tot één uur voor zonsondergang, een daglengte van 18 uur. In de eerste en laatste twee weken van de belichtingsperiode is deze daglengte op-, respectievelijk afgebouwd. Overdag is de belichting afgeschakeld indien de stralingsintensiteit buiten boven 200 W.m⁻² kwam. Over het gehele seizoen gemeten is bijna 3000 uur belicht.

Schermregeling

De bovenschermen zijn altijd gesloten tijdens de belichte uren 's nachts, circa 15 minuten voor aanschakeling van de lampen, tot zonsopkomst. Tijdens de donkerperiode van zes uur in de voornacht is het scherm gesloten indien de buitentemperatuur lager was dan 10°C in seizoen 1995/1996 en 8°C in seizoen 1996/1997. Indien de kastemperatuur tijdens de donkerperiode boven de 20°C kwam, is een kier getrokken tot maximaal 10%. De zijgevel- en tussenschermen zijn gelijktijdig met het bovenscherm gesloten en werden overdag geopend zodra de instraling buiten uitkwam boven 50 W.m⁻² om naastliggende proeven niet te verstoren.

Simulatie warmtetoevoer WKK

Tijdens de belichte uren is er een minimum buistemperatuur ingesteld om de koelwarmte van een WK-installatie te simuleren. De buistemperatuur is zodanig berekend dat er een hoeveelheid warmte werd ingebracht van 55 tot 65 W.m⁻² bruto kas, ruim anderhalf maal zoveel als het opgenomen vermogen van de lampen. De bijbehorende minimum buistemperatuur was 38,5°C voor Horst en 41°C voor Klazienaveen.

Simulatie warmtebuffer

Uit eerder uitgevoerd onderzoek, waarbij de belichting overdag bij 200 W.m⁻² werd afgeschakeld, zijn per week het aantal belichtingsuren herleid (De Beer, 1991). Op basis hiervan is de koelwarmte, opgeslagen in de buffer, berekend. De buffer is standaard in de donkerperiode 'geleegd', waarbij de benodigde minimum buistemperatuur afhangt van de gekozen snelheid van 'leggen'. In Horst is veelal gekozen voor een korte periode van drie uur met een relatief hoge minimum buistemperatuur (46 tot 51°C), in Klazienaveen is gedurende zes uur een lagere minimum buistemperatuur aangehouden (37 tot 40°C).

Kastemperatuur

De gemiddelde etmaaltemperatuur is zodanig ingesteld dat een zo goed mogelijk teeltresultaat werd bereikt. Afgaande op de ervaringen uit voorgaande jaren is gestreefd naar een etmaaltemperatuur van: september 19°C, oktober 18,5°C, november 18°C, december 17,5°C, januari 18°C, februari 19°C en maart tot september 20°C. In seizoen 1995/1996 is bij alle behandelingen in alle periodes de ventilatietemperatuur slechts 0,5°C hoger ingesteld dan de verwarmingstemperatuur, om de ingestelde en gerealiseerde kastemperatuur zo dicht mogelijk bij elkaar te houden. In seizoen 1996/1997 heeft de ventilatietemperatuur 's nachts 1,0°C boven de stooktemperatuur gelegen.

CO₂

Overdag en tijdens de belichte uren is er CO₂ gedoseerd tot een niveau van 700 ppm bij gesloten luchtramen. Bij een raamstand van 10% en meer is gedoseerd tot 350 ppm. In de berekening voor de simulatie van de warmtebuffer is de opslag van warmte die vrijkomt bij CO₂-dosering meegenomen.

Behandelingspecifieke instellingen:

Controle:

In de controlebehandelingen met en zonder scherm is een gelijke dag- en nachttemperatuur ingesteld. In seizoen 1995/1996 is overdag een minimum buis ingezet van 45°C die vrij snel afgebouwd is op instraling (0,1°C per Watt boven 150 W.m⁻²). In het tweede onderzoekjaar is de minimum buistemperatuur verhoogd naar 50°C, de afbouw op instraling is ingezet vanaf 200 W.m⁻².

Reductie minimum buis:

De minimum buisregeling is vervangen door een regeling op vocht, gericht op het voorkomen van met name Botrytis. Bij de vochtregeling is de stelregel gehanteerd: eerst luchten, dan stoken. In seizoen 1995/1996 is een minimum buis ingezet van 20 naar 45°C vanaf 78 tot 83% relatieve luchtvochtigheid. In het tweede onderzoekjaar is de maximale minimum buistemperatuur verhoogd naar 50°C.

Negatieve DIF:

Er is tijdens de proefperiode gestreefd naar een verschil tussen dag- en nachttemperatuur van 3 à 4°C. Dit hield in dat overdag de temperatuur 1 à 2 graden lager en 's nacht 1 à 2 graden hoger was ingesteld dan de kasttemperatuur in de controlebehandeling. De minimum buisregeling is dezelfde geweest als bij behandeling 2. In seizoen 1996/1997 zijn de temperatuur- en ventilatie-instellingen fors gewijzigd. De temperatuurinstellingen voor DIF zijn pas ingezet als de nachttemperatuur (op wat langere termijn) beneden de 10°C kwam. Overdag is een temperatuur ingesteld van 17°C, in de voornacht 19°C en 's nachts (tijdens belichting) 21°C, waarbij de ventilatietemperatuur twee uur voorliep op de stooktemperatuur. Op deze wijze is getracht onnodige ventilatieverliezen te voorkomen.

2.2 TEELTMETHODE

De teelt is uitgevoerd in een teeltsysteem met vier rijen. Ingehoesde steenwolmatten (hoogte 7,5 cm; lengte 1 meter) zijn - met een afschot van 1 cm per m naar het midden van het bed - neergelegd op een tempex onderbodem in Klazienaveen en in goten in Horst. Om proeftechnische redenen is gekozen voor een bedbreedte van 1,0 m in Klazienaveen en 1,2 m in Horst.

In Klazienaveen is zes weken eerder geplant dan in Horst, omdat het plantmateriaal in Horst van dermate slechte kwaliteit was, dat het niet verantwoord was om daarmee een proef te starten. Nadat de griffel is ingebogen, zijn in Horst ook de eerste grondscheuten nog ingebogen om te zorgen voor een zwaardere kwaliteit rozen. Gedurende de proef is in Klazienaveen dagelijks geoogst. In Horst werd zes dagen in de week geoogst. Aangezien in Horst een knipproef onderdeel van het onderzoek was, werd in overleg voor alle klimaatproefvakken op beide proeftuinen dezelfde knipstrategie gekozen. De knipstrategie was als volgt: gedurende de gehele teelt is er geknipt op één vijfblad, waarbij van oktober tot januari onderdoor en de rest van het jaar bovendoor werd geknipt. Nadat de griffel was ingebogen, werden er het eerste jaar niet meer takken ingebogen, maar nadat dat blad 'uitgewerkt' was, liep de groeikracht van het gewas terug. Daarom werd besloten om in het tweede jaar regelmatig enkele dunne takken in te buigen. Opvallend was dat het gewas in Horst gedurende de gehele looptijd van het onderzoek op snee bleef, terwijl het gewas in Klazienaveen eerst op snee stond, maar gedurende de proef steeds minder op snee kwam te staan. De hogere frequentie van inbuigen in het tweede jaar zou hier mee te maken kunnen hebben.

De kasttemperatuur is in Klazienaveen voornamelijk geregeld met het ondernet; dit bestond uit vier 52 mm-buizen per 3,20 m in de paden. Het bovennet werd vrijwel alleen gebruikt wanneer de luchtvochtigheid verlaagd moest worden. In Horst is de kasttemperatuur geregeld met een minimumbuis temperatuur in het ondernet, bestaande uit acht 28 mm-buizen per 3,20 m tussen het gewas. Indien nodig is bijgestookt met het bovennet, bestaande uit vier 28 mm-buizen per 3,20 m. In Klazienaveen is uitgegaan van ontijzerd grondwater (EC van ca. 0,3 mS/cm) als gietwater. Met behulp van een A/B-bakkensysteem is er een standaardvoedingsoplossing roos gedoseerd (schemacode 5.5.0, PBG-brochure Voedingsoplossing voor de teelt van roos). Bij elke watergift zijn de EC en pH gecontroleerd en zo nodig gecorrigeerd. Eenmaal per vier weken zijn de voedingsgehalten bepaald aan de hand van een mengmonster uit de verschillende afdelingen. Aanpassingen aan

de samenstelling van de voedingsoplossing zijn steeds gedaan op advies van het BLGG te Naaldwijk. De gerealiseerde waarden van de EC en pH in de mat zijn gedurende de teelt gestuurd op respectievelijk 2,0 en 5,7. De EC en de pH van de gift lagen daarmee rond de 1,8 en de 5,8. Onder invloed van het ontwikkelingsstadium traden wel schommelingen in pH op. De schommelingen in EC zijn niet groot geweest. In Horst werd als gietwater een mengsel van ontijzerd bronwater en regenwater (EC van ca. 0,5-0,8 mS/cm) gebruikt. Via een injectie-unit werd een kant en klare standaardvoedingsoplossing gegeven. Bij elke watergift zijn de EC en pH gecontroleerd; alleen de EC kon zo nodig gecorrigeerd worden. Eenmaal per drie weken zijn de voedingsgehalten bepaald aan de hand van een mengmonster uit de verschillende afdelingen. Aanpassingen aan de samenstelling van de voedingsoplossing zijn steeds gedaan op advies van het BLGG te Naaldwijk. De gerealiseerde waarden van de EC en pH in de mat zijn gedurende de teelt gestuurd op respectievelijk 1,8-1,9 en 5,6-5,7. De EC en de pH van de gift lagen daarmee rond de 1,5 en de 5,6-5,7. Onder invloed van het ontwikkelingsstadium traden wel schommelingen in pH op. De schommelingen in EC zijn niet groot geweest.

In de gevallen dat er meeldauw optrad, waarvoor 'First Red' weinig gevoelig is, werd gebruik gemaakt van elektrische zwavelverdamper (in Klazienaveen één per 100 m², in Horst één per 75 m²). De zwavelverdamper zijn bijna niet gebruikt. 'First Red' bleek wel gevoelig voor wittevlieg; deze belager moest veel bestreden worden. Overige belagers zoals spint en trips konden goed onder controle worden gehouden.

2.3 MEETMETHODEN EN WAARNEMINGEN

2.3.1 Meetplan klimaat en energieverbruik

Registratie klimaat

In alle kasafdelingen is in het productievak een meetbox geplaatst met een droge en een natte bolmeting (pT-100 elementen) voor registratie van temperatuur en luchtvochtigheid. Voor registratie van het buitenklimaat is een meetbox buiten geplaatst, in Horst op 20 m afstand van de kas op een hoogte van 3,5 m en in Klazienaveen op 6 m afstand op 4 m hoog. Alle metingen zijn iedere minuut uitgevoerd, het uurgemiddelde is vastgelegd op een dataregistratiesysteem.

Registratie warmtebehoefte

Contactsensoren (pT-100) voor registratie van de buistemperatuur zijn halverwege de aanvoer en retour geplaatst op ruime afstand van de bocht (minimaal 1 meter). De contactsensoren zijn boven op de buis geplaatst in verband met eventuele circulaties binnen een buis (slechte menging) en het verminderen van het risico van een defect door lichamelijk contact. De luchttemperatuur bij de buis is op 10 cm van de buis gemeten met een voor straling afgeschermd sensor (pT-100). Alle metingen zijn iedere minuut uitgevoerd en het uurgemiddelde is vastgelegd op een dataregistratiesysteem.

Berekening energieverbruik

Het energieverbruik per kasafdeling is afgeleid van de gemeten buistemperaturen, met behulp van de formules die Jodlbauer heeft ontwikkeld (Jodlbauer, 1933) en die Stoffers heeft aangepast voor de kassituatie (Stoffers, 1976). De formules

beschrijven de warmteafgifte via convectie en uitstraling. Via convectie wordt warmte afgegeven aan langsstromende lucht en (infra-rode) straling wordt afgegeven aan omgevingsobjecten.

De hoeveelheid afgegeven convectiewarmte wordt bepaald door de buisdiameter, het buisoppervlak en het verschil in temperatuur (in K) tussen de buis en de langsstromende (direct omringende) lucht. De hoeveelheid afgegeven stralingswarmte wordt bepaald door het buisoppervlak, de temperatuur van de buis en de temperatuur van de grond, het gewas, het scherm en/of het kasdek.

Voor de berekening van het energieverbruik zijn de volgende formules gebruikt:

$$Q_{\text{convectie}} = (6,52 \times ((T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}})/(T_{\text{lucht}} \times D_{\text{buis}}))^{0,25}) \times \text{buisoppervlak} \times (T_{\text{buis}} - T_{\text{lucht}})$$

$$Q_{\text{straling}} = (5,19 \times 10^{-8} \times (T_{\text{buis}}^4 - T_{\text{omgeving}}^4) \times \text{buisoppervlak}$$

De temperaturen T_{buis} en T_{lucht} zijn direct gemeten, op en naast de verwarmingsspijraal op ongeveer het midden tussen de aansluiting op de aanvoer en de retourleiding.

De omgevingstemperatuur, T_{omgeving} , voor berekening van de uitstraling van buizen onder in de kas, is gelijk gesteld aan de kastemperatuur die direct boven het gewas is gemeten, (T_{grond} en T_{gewas} gelijk gesteld aan T_{kas}). Voor de buizen die boven het gewas, doch onder het scherm liggen is gesteld dat de onderkant van de buis uitstraalt naar het gewas en de bovenkant naar het kasdek of naar het scherm. De temperaturen van kasdek en scherm zijn afgeleid van de kastemperatuur en van de buiten gemeten temperatuur, ($T_{\text{scherm}} = \frac{3}{4} \times T_{\text{kas}} + \frac{1}{4} \times T_{\text{buiten}}$; $T_{\text{glas}} = \frac{1}{2} \times T_{\text{kas}} + \frac{1}{2} \times T_{\text{buiten}}$).

De warmteafgifte (Watt/m² bruto kas) kan worden omgerekend naar gasverbruik (liter aardgas/m².uur). De totale warmteafgifte is niet alleen afhankelijk van de buistemperatuur maar ook van de buisligging. Bij een gelijke kastemperatuur is de $Q_{\text{convectie}}$ gelijk en onafhankelijk van de buisligging, de Q_{straling} neemt toe naarmate de objecten boven de buis kouder zijn, de gewastemperatuur is ongeveer gelijk aan de kastemperatuur, het scherm is kouder, het glas nog kouder (zie ook Van Rijssel e.a., 1995a).

Verwerkingsmethoden gegevens kasklimaat

De urengegevens zijn verwerkt tot dag-, nacht- en etmaalgemiddelden. Voor het daggemiddelde is uitgegaan van een 6-uursperiode tussen 10.00 tot 16.00 uur. Voor het nachtgemiddelde is een 6-uurs periode onder gesloten scherm genomen, van 0.00 tot 6.00. In de maanden augustus en september is het nachtgemiddelde over een kortere nachtperiode berekend vanwege de dan nog korte belichtings- en schermduur. De dag-, nacht- en etmaalgegevens zijn verder verwerkt tot maandoverzichten, op basis waarvan grafische overzichten zijn gemaakt voor controle van de meetgegevens. Meetdagen met storingen, zoals het openblijven van het scherm 's nachts, zijn uit de databestanden verwijderd. Bij de luchtvochtigheidsmetingen kunnen ook data ontbreken door het 'droogvallen' van de natte bol-sensor of door bevriezing (meetbox buiten).

Verwerkingsmethoden gegevens energieverbruik

De gemiddelden voor het energieverbruik zijn verwerkt tot maandoverzichten, die gebruikt zijn voor controle van de meetgegevens. Indien in één van de kassen op een proeflocatie een storing optrad, is (zijn) deze meetdag(en) in alle afdelingen uit de bestanden verwijderd. In Horst heeft dit geleid tot het uitvallen van een beperkt aantal dagen. Het overgebleven databestand bleek echter ruim voldoende voor de beoogde analyse. Klazienaveen heeft te maken gehad met het meten en vastleggen

van data in de datalogger. De vastgelegde data bleken achteraf niet bruikbaar voor nadere analyse.

Per locatie zijn de verschillen in energieverbruik bekeken tussen de behandelingen. Hierbij is niet alleen gekeken naar verschillen per etmaal maar ook naar verschillen per dagdeel; dag, voornacht en nanacht.

2.3.2 Meetplan productie en productkwaliteit

Productie en takkwaliteit

Bij de oogst werd het aantal veilbare bloemtakken en het takgewicht per proefveld bepaald. Elke maandag werd van de geoogste takken ook de taklengte bepaald, om het effect van de proefbehandelingen op de lengtegroei na te kunnen gaan. De dagoogsten zijn gesommeerd naar de productie per week en vervolgens tot productie per snee. Uit de aantallen takken per lengtesortering, zoals die op de maandagen zijn verzameld, is de gemiddeld geoogste lengte per snee berekend en het gemiddelde takgewicht per lengteklasse.

De grootte van de proefvakken bedroeg in Horst één vak per behandeling van 8,5 m² bruto kas, in Klazienaveen is geoogst van drie proefvakken van elk 6,4 m² bruto kas. De proefvakken lagen op beide locaties steeds op een zelfde helft van de afdeling om te vermijden dat behandelingseffecten door plaatseffecten zouden worden verstoord (Van Rijssel et al, 1995b). Alleen bij de DIF-behandeling in Klazienaveen is een vak per abuis in de verkeerde kashelft gelegd en is slechts van twee proefvakken de productie bijgehouden.

Vaasleven (houdbaarheid)

In het stookseizoen 1995/1996 is zowel in het najaar als in het voorjaar twee maal (met een tussenpoos van twee weken) de houdbaarheid bepaald. Aangezien de rozen van beide locaties in Horst zijn onderzocht is de houdbaarheid mét transportsimulatie bepaald. In het stookseizoen 1996/1997 is in het najaar op beide locaties de houdbaarheid eenmalig onderzocht. Toen zijn de takken zowel met als zonder transportsimulatie in de uitbloeiruitjes gezet. In verband met de kortere looptijd van het onderzoek in Klazienaveen is in de winter en het voorjaar van 1997 alleen van de proef in Horst eenmalig de houdbaarheid met en zonder transportsimulatie bepaald. Per klimaatbehandeling en eventueel transportsimulatie zijn steeds tien takken met rijpheidstadium 3 ingezet (zie Figuur 1).

Voor de potentiële houdbaarheid zijn de rozen tijdens de oogst weggezet op water met de voorgeschreven concentratie voorbehandelingsmiddel (Chrysal RVB). Deze zijn na de oogst afgeknipt op 70 cm en weggezet in de koelcel bij 3°C op water met voorbehandelingsmiddel. Na minimaal vier uur zijn de rozen verpakt: het onderste blad is verwijderd en er is gebost en ingehoesd. De rozen zijn teruggezet in de koelcel op voorbehandelingsmiddel. De volgende dag 's middags is elke tak na aansnijden apart op een vaas gezet in de uitbloeiruitje bij 20°C, 60% RV en 12 uur kunstlicht per dag (3 Watt/m², max. 0,03 ppm etheen). De vazen zijn gevuld met een 0,5 l van een oplossing van schoon, gedemineraliseerd water met 1 mg/l zilvernitraat tegen bacteriële vaatverstopping.

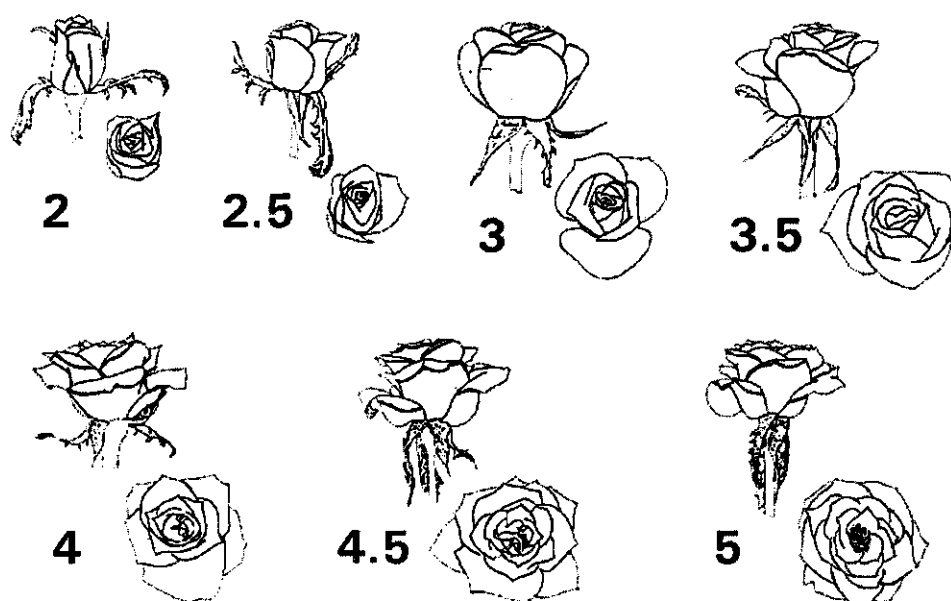
Voor de houdbaarheid mét transportsimulatie zijn de rozen na de voorbehandeling van vier uur verpakt en in een chrysantendoos in de uitbloeiruitje (20°C) gelegd (droog). De volgende dag 's middags zijn de rozen op gewoon leidingwater in de koelcel geplaatst. Een dag later zijn ze op de vaas gezet in de uitbloeiruitje (idem rozen zonder transportsimulatie). Bij houdbaarheid, waarbij de rozen van Klazienaveen naar Horst zijn vervoerd (expres-dienst), is het transport gelijktijdig

uitgevoerd met de droge transportsimulatie in de chrysantendoos. Hierbij is de behandeling van de rozen van beide locaties dus exact gelijk geweest, behalve dan dat bij de rozen van Klazienaveen transportschade kan zijn opgetreden.

Tijdens de houdbaarheid zijn verschillende waarnemingen gedaan aan de takken:

- bloemvorm:
 - knopstadium (zie Figuur 1)
 - eenmaal na ± 8 dagen de bloemdiameter (d.i. de grootste en kleinste diameter loodrecht op elkaar)
- aantal dagen vaasleven, rozen zijn apart afgeschreven op:
 - slappe bloemen
 - slappe nekken
 - uitgebloeide bloemen
 - niet openkomen van de bloem
 - Botrytis (ontbrekende waarde)
- extra waarnemingen:
 - 'zwarte randjes'
 - 'zwarte vegen'
 - blauwkleuring

Figuur 1 - Ontwikkelingsstadia bij de bloemknopopening



3. RESULTATEN

3.1 EFFECT KLIMAATSTRATEGIEËN OP KASKLIMAAT EN ENERGIEVERBRUIK

Bij de verwerking van de klimaatgegevens zijn alleen de data gebruikt van de dagen waarop van alle behandelingen de gegevens compleet aanwezig waren en de schermen in de geschermdede afdelingen gesloten zijn geweest. Ook zijn de dagen weggelaten waarop in de DIF-behandeling de DIF-instelling vanwege te hoge buitentemperaturen is vervallen. De klimaatgegevens van de locatie Klazienaveen waren dermate incompleet dat ze niet konden worden gebruikt.

3.1.1 Effecten op temperatuur en luchtvochtigheid

Kastemperatuur, instelling en realisatie

De gerealiseerde kastemperatuur heeft in de gehele periode waarin de behandelingen werden uitgevoerd, de maanden september/oktober tot en met april, gelegen tussen 18 en 21 °C. Hogere kastemperaturen zijn zoveel mogelijk voorkomen doordat de ventilatietemperatuur slechts 0,5°C boven de verwarmingstemperatuur werd ingesteld en lagere temperaturen kwamen slechts sporadisch voor omdat de verwarmingscapaciteit vrij hoog was en de winters niet extreem waren. Slechts gedurende twee weken in 1996/97 bleek dat in de afdeling zonder scherm de gewenste kastemperatuur niet geheel kon worden gehaald.

In de proef is gestreefd naar een gelijke etmaaltemperatuur voor alle behandelingen, bij een verschil in instelling. Een gelijke setpoint-instelling voor de verwarmings- en ventilatietemperatuur voor de twee controlebehandelingen, zonder en met scherm, en de behandeling met minder minimumbuis heeft geleid tot een iets verhoogde temperatuur in de geschermdede afdelingen. In relatief warme nachten steeg daar de kastemperatuur tijdens de belichte uren 's nachts. Dit werd mede veroorzaakt doordat de ventilatie-temperatuur 0,5°C boven de verwarmingstemperatuur stond ingesteld, Figuur 3b. De warmteoverschot-situaties bij belichting onder gesloten scherm heeft in de proef geresulteerd in een verhoging van de gemiddelde temperatuur per week van 0,2 tot 0,3°C door gebruik van het scherm. Het minder toepassen van een minimum buistemperatuur heeft in de onderzoeksperiode geen meetbaar effect gehad op de gerealiseerde kastemperatuur. In de DIF-behandeling stonden de setpoints voor de verwarmings- en ventilatietemperatuur 's nachts hoger en overdag lager ingesteld, Figuur 2b. In het stookseizoen 1995/96 is de verhoogde nachttemperatuur onvoldoende gecompenseerd door een verlaagde temperatuur overdag. Dit heeft geleid tot een verdere verhoging van de kastemperatuur van 0,3°C. In het stookseizoen 1996/97 is de verhoogde nachttemperatuur in de donkerperiode met geopend scherm bij buitentemperaturen boven 0°C, vervallen. De verhoogde nachttemperatuur is alleen nog in het belichte deel van de nacht ingesteld. De verhoogde nachttemperatuur over deze kortere periode bleek wel te compenseren met de lager ingestelde verwarmingstemperatuur overdag.

Luchtvochtigheid, instelling en realisatie

Het effect van de behandeling op de luchtvochtigheid (rv) is bekeken gedurende drie vrij stabiele perioden binnen het etmaal. Er is onderscheid gemaakt tussen de voornacht, de nanacht en de dagperiode. De voornacht betreft een aantal uren

waarin niet belicht is en het scherm alleen is gesloten als dit uit oogpunt van energiebesparing wenselijk was. De nacht betreft uren waarin belicht werd onder gesloten bovenscherm. De uren tussen de uren met stabiele instellingen zijn niet meegenomen in de bestudering van de behandelingseffecten op rv.

Uren met een hoog oplopende rv kwamen met name voor gedurende de nacht op dagen met hogere nachttemperaturen buiten, Bijlage 1. De sluiting van het scherm heeft met name in nachten met lage buitentemperaturen een rv-verhogend effect gehad op de rv gedurende de nacht. Het verhogen van de kasttemperatuur in de nacht, DIF-behandeling, heeft de rv in die uren weer naar beneden gedrukt, zowel in koude als in warme nachten. Het terugdringen van de minimumbuis overdag had, op de dagen dat er een minimumbuis werd gerealiseerd, tot gevolg dat de rv hoger oploopt dan bij de controle met scherm. De DIF-behandeling waarin overdag tegelijk de minimum buistemperatuur werd beperkt en de kasttemperatuur werd verlaagd met ca. 2°C ten opzichte van de controle, heeft een dalend effect gehad op de rv. Het realiseren van een lagere kasttemperatuur leidt, op dagen met wat instraling, tot meer ventilatie, wat tot effect heeft dat de rv lager uitvalt dan in de behandeling waarbij alleen de minimum buistemperatuur werd verminderd.

Luchtvochtigheid op warme dagen

Op warme dagen is het scherm alleen gesloten om lichtuitstoot te voorkomen. De rv loopt dan enkele procenten op maar het effect is per dag verschillend, afhankelijk van de raamopening, de ventilatie boven het scherm. Het oplopen van de rv wordt nauwelijks verminderd door een DIF-behandeling waarbij de kasttemperaturen tijdens de belichte uren 1°C hoger zijn ingesteld dan in de andere behandelingen, zie Figuur 3c. De zeer beperkte rv-verhoging wordt met name verklaard door het afluchten van overtollige warmte in de geschermdede afdelingen. Overdag kan in de behandelingen 'minder minimumbuis' en 'DIF' de buistemperatuur overdag eerder teruglopen. Hierdoor kan de rv overdag iets hoger oplopen dan in de controlebehandelingen, met name op dagen met minder instraling, Figuur 3c 1° dag.

Luchtvochtigheid op koude dagen

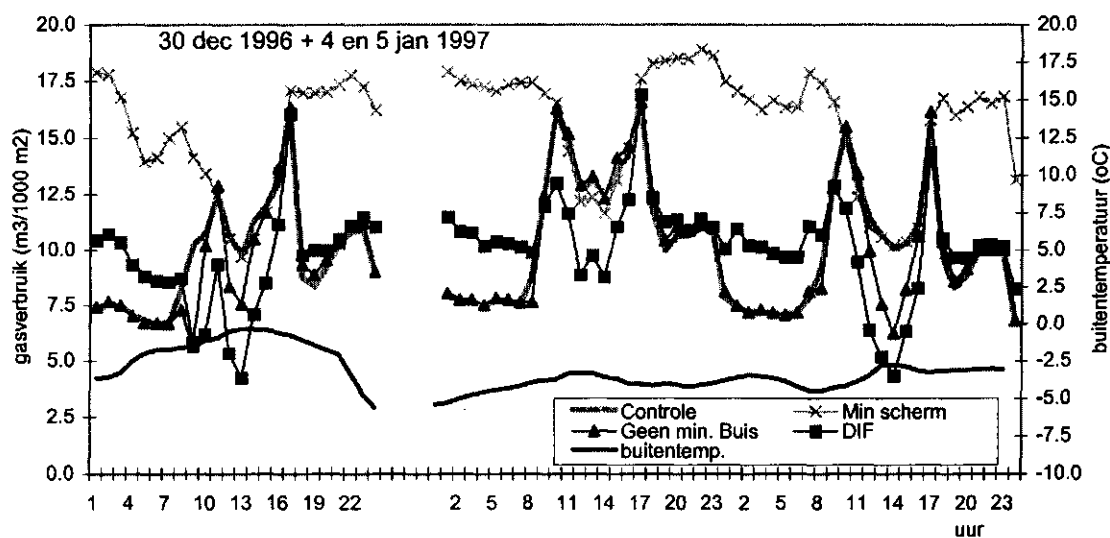
Op koude dagen heeft schermsluiting geen effect op de kasttemperatuur maar wel op de rv. Met scherm kan de rv gehandhaafd blijven op ca. 70% terwijl ze zonder scherm kan wegzakken naar 60%. Het aanschakelen van de belichting doet de rv in alle behandelingen oplopen. Dit oplopen van de rv wordt duidelijk verminderd wanneer de kasttemperatuur na sluiting van het scherm wordt verhoogd, zoals in de DIF-behandeling is gebeurd, Figuur 2c.

Verminderen van de minimum buistemperatuur overdag heeft op koudere dagen niet geleid tot het oplopen van de rv. Een lagere kasttemperatuur overdag als compensatie van een hogere nachttemperatuur in de DIF-behandeling resulteert wel in een iets hogere rv.

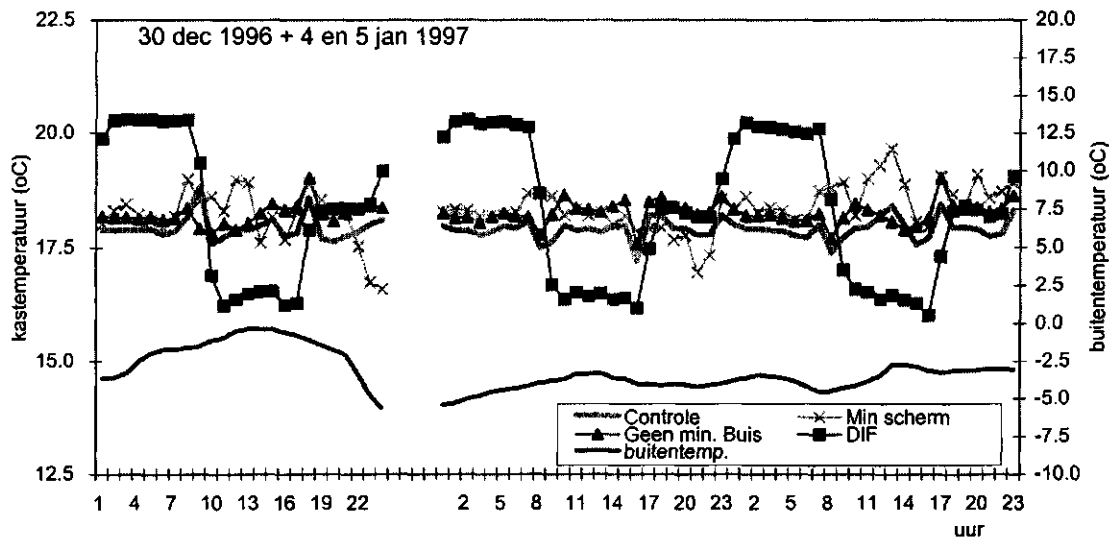
Gezien het niveau van de rv op koudere dagen wordt van schermtoepassing op deze dagen geen negatief, hooguit een positief effect verwacht.

Steekproefgewijs zijn verdampingsmeters geplaatst om het effect van de behandeling op de verdamping vast te stellen. De energiebesparing door sluiting van een scherm tijdens de belichte uren bleek de verdamping enigszins te beperken. Het reduceren van het minimum buisgebruik had een groter effect op de verdamping, er trad een reductie op van ca. 10%. De DIF-behandeling en de behandeling reductie minimumbuis hadden in 1995/96 een gelijk effect op de verdamping. In 1996/97, het seizoen waar de DIF-behandeling ook tot enige

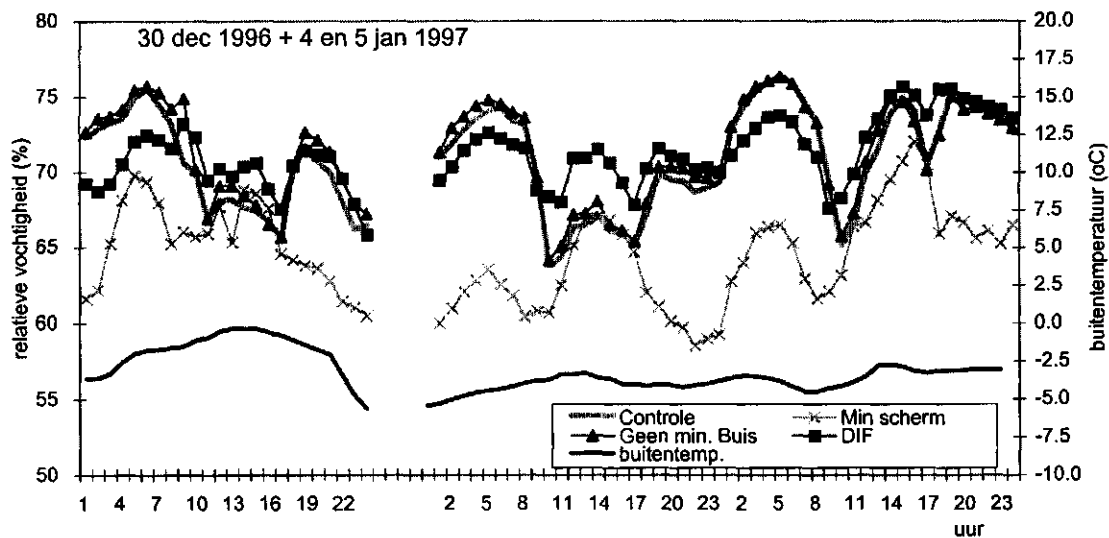
Figuur 2a: Het verloop van de warmtebehoefte in alle behandelingen op enkele koude dagen



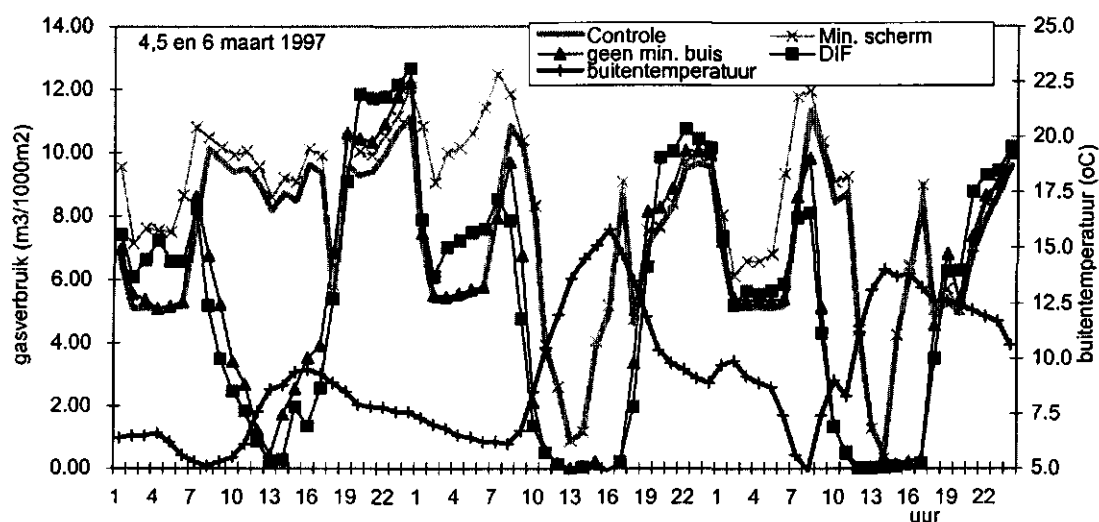
Figuur 2b: Het verloop van de kasttemperatuur in alle behandelingen op enkele koude dagen



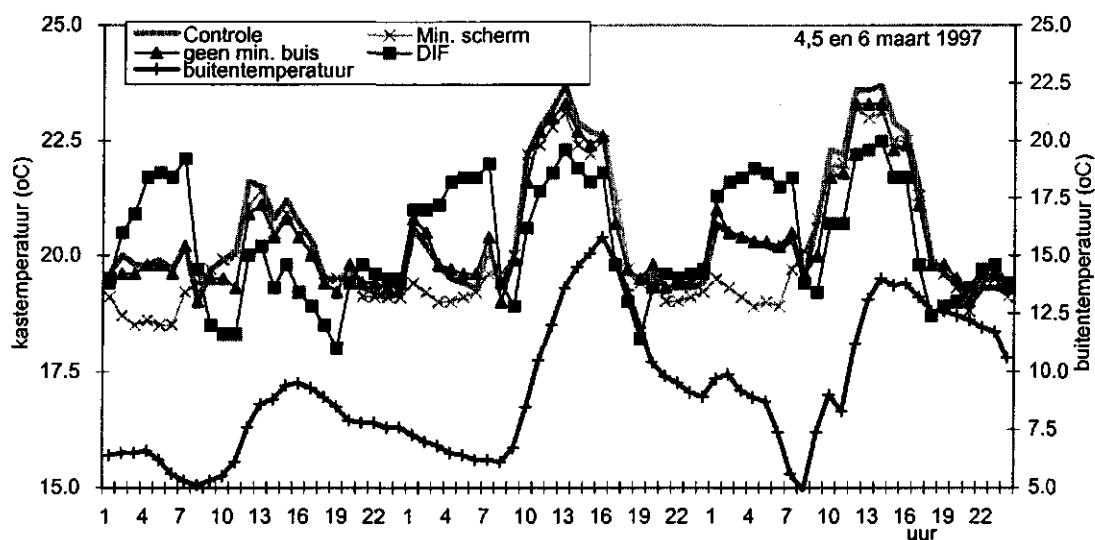
Figuur 2c: Het verloop van de rv in alle behandelingen op enkele koude dagen



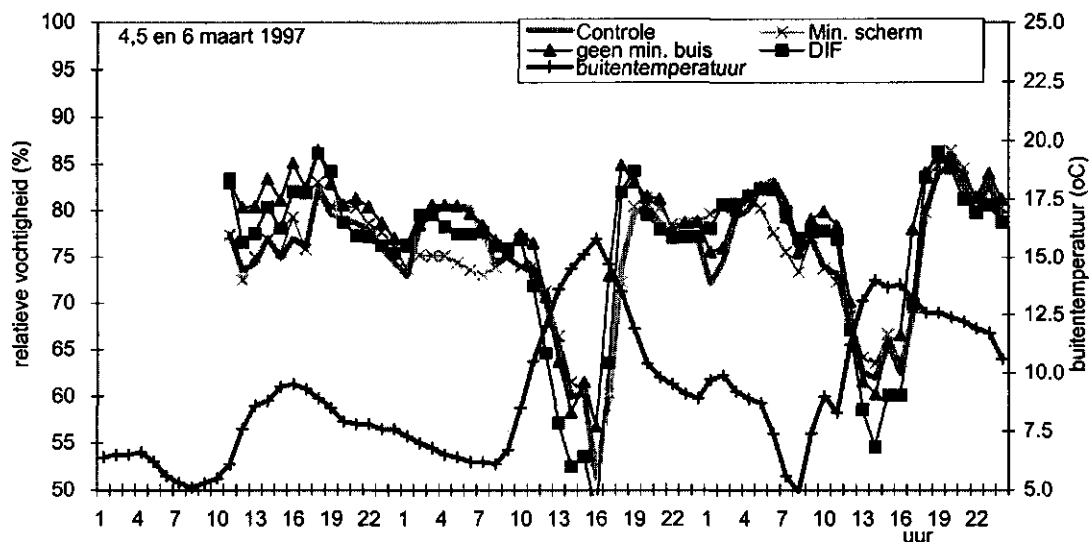
Figuur 3a: Het verloop van de warmtebehoefte in alle behandelingen op enkele warme dagen



Figuur 3b: Het verloop van de kasttemperatuur in alle behandelingen op enkele warme dagen



Figuur 3c: Het verloop van de rv in alle behandelingen op enkele warme dagen



energiebesparing leidde, werd ook enige vermindering (ca. 5%) van de verdamping gemeten. Besparen op energieverbruik leidt dus ook tot een beperking van de verdamping.

3.1.2 Effecten op energieverbruik

Besparen op het energieverbruik is in deze proef nagestreefd door enerzijds het gebruik van een scherm en anderzijds door een energiezuiniger instelling van het kasklimaat. Energiezuiniger is hier ingevuld als het laten vervallen van een minimum buistemperatuur, tenzij de rv te hoog oploopt, en het verwarmen deels te verleggen van de dag naar de nacht. Verwarmen onder een gesloten scherm in de nacht kost minder energie dan verwarmen overdag als het scherm open is. Door het gebruik van een bovenscherm daalt de K-waarde van de kas, de energiebehoefte per °C, en wordt de invloed van de windsnelheid op het gasverbruik kleiner. Hoe groot de effecten van schermsluiting zijn wordt geïllustreerd uit de gevonden reactie van het energieverbruik E op de buitentemperatuur Tb en de windsnelheid W, Tabel 1.

Tabel 1 *Regressievergelijking voor het energieverbruik (etmaal) in relatie tot de buitentemperatuur en windsnelheid bij buitentemperaturen ≤ 10 °C:
E = a + b * T + c * W in liter gas/m².uur*

Horst	1995/96	Controle zonder scherm	$E = 12.085 - 0,572 * T_b + 0,397 * W$	$R^2 = 87,6$
		Controle met scherm	$E = 8,655 - 0,290 * T_b + 0,231 * W$	$R^2 = 75,2$
		Besparing	$B = 3,442 - 0,283 * T_b + 0,162 * W$	$R^2 = 73,3$
	1996/97	Controle zonder scherm	$E = 11,985 - 0,473 * T_b + 0,340 * W$	$R^2 = 86,8$
		Controle met scherm	$E = 8,726 - 0,240 * T_b + 0,194 * W$	$R^2 = 75,7$
		Besparing	$B = 3,263 - 0,233 * T_b + 0,143 * W$	$R^2 = 73,0$

In de controle-behandeling waarbij het bovenscherm wordt gesloten daalt het warmteverlies uit de kas voor het handhaven van de temperatuur met ca. 50% ten opzichte van de controle-behandeling zonder scherm. Zowel het effect van de buitentemperatuur als van de wind op het gasverbruik halveren. De verbruikte hoeveelheid energie per jaar daalt veel minder dan 50% omdat de minimum buistemperatuur in de controle-behandeling met scherm wordt gehandhaafd. Schermsluiting bespaart daardoor alleen energie bij buitentemperaturen beneden de 10°C.

Het beperken van het minimumbuis-gebruik tot alleen de uren dat de rv uitstijgt boven de 78% heeft geleid tot een duidelijke, doch per seizoen verschillende energiebesparing. De minimum buistemperatuur werd in 1995/96 ingesteld op een rv boven 78%, met een maximum buistemperatuur van 45°C bij 83%. In 1996/97 is de maximum waarde opgevoerd naar 50°C. Het energieverbruik is, op de in beschouwing genomen dagen, met 3 respectievelijk 17% gedaald, waarbij de besparing geheel overdag is gerealiseerd, Tabel 2. Dit was naar verwachting omdat de minimum buistemperatuur alleen overdag stond ingesteld. Zie ook Figuur 2, 3b. In de voornacht werd een minimum buistemperatuur ingesteld van ca. 40°C (zie ook paragraaf 2.1) om het legen van de buffer te simuleren, die tijdens de belichte

uren overdag werd gevuld. In de nacht werd eenzelfde minimum buistemperatuur ingesteld om de afvoer van WK-warmte te simuleren.

Nog verder terugdringen van het energieverbruik door het toelaten van een hogere nachttemperatuur met compensatie overdag, de DIF-behandeling, bleek moeilijk te zijn. Het instellen van een hogere temperatuur 's nachts heeft energie gekost.

Beperken van het aantal uren met verhoogde nachttemperatuur in 1996/97 tot de uren dat belicht werd, heeft de verhoging van het energieverbruik verminderd.

Het idee dat grotendeels gebruik kon worden gemaakt van uren met een warmteoverschot bleek geen realiteit. De besparing die overdag is gerealiseerd met een verlaging van het setpoint, bleek in 1995/96 niet en in 1996/97 nog maar net voldoende om op etmaalbasis te komen tot een besparing op energie-verbruik, Tabel 2.

Tabel 2 De energiebesparingsmogelijkheden door aanpassing van de klimaatinstelling in procenten

Dagdeel		Behandeling	Energieverbruik in % (1995/96)		Energieverbruik in % (1996/97)	
Horst	Etmaal	Controle met scherm	100		100	
		Minder min. buis	97.3	100	83.0	100
		DIF	99.0	101.7	81.8	98.5
	Voornacht	Controle met scherm	100		100	
		Minder min. buis	100.2	100	104.0	100
		DIF	114.3	114.0	109.6	105.4
	Nanacht	Controle met scherm	100		100	
		Minder min. buis	103.0	100	99.7	100
		DIF	126.2	122.6	123.8	124.1
	Dag	Controle met scherm	100		100	
		Minder min. buis	86.2	100	53.5	100
		DIF	60.5	70.2	38.4	71.8

De besparing in energieverbruik door minder gebruik van minimum buis wordt geheel gerealiseerd op dagen met buitentemperaturen boven de ca. 5°C, Tabel 3.

Tabel 3 Regressievergelijking voor het verschil in energieverbruik (B) tussen de behandeling minder min.buis en de controle in relatie tot de buitentemperatuur (Tb) bij buitentemperaturen ≤ 10 °C: $B = a + b \cdot Tb$, in liter gas/m².uur

Horst	1995/96	Verschil controle en beh. -min buis	$B = -0,073 + 0,111 \cdot Tb$	$R^2 = 54,0$
	1996/97	Verschil controle en beh. -min buis	$B = -0,964 + 0,092 \cdot Tb$	$R^2 = 38,8$

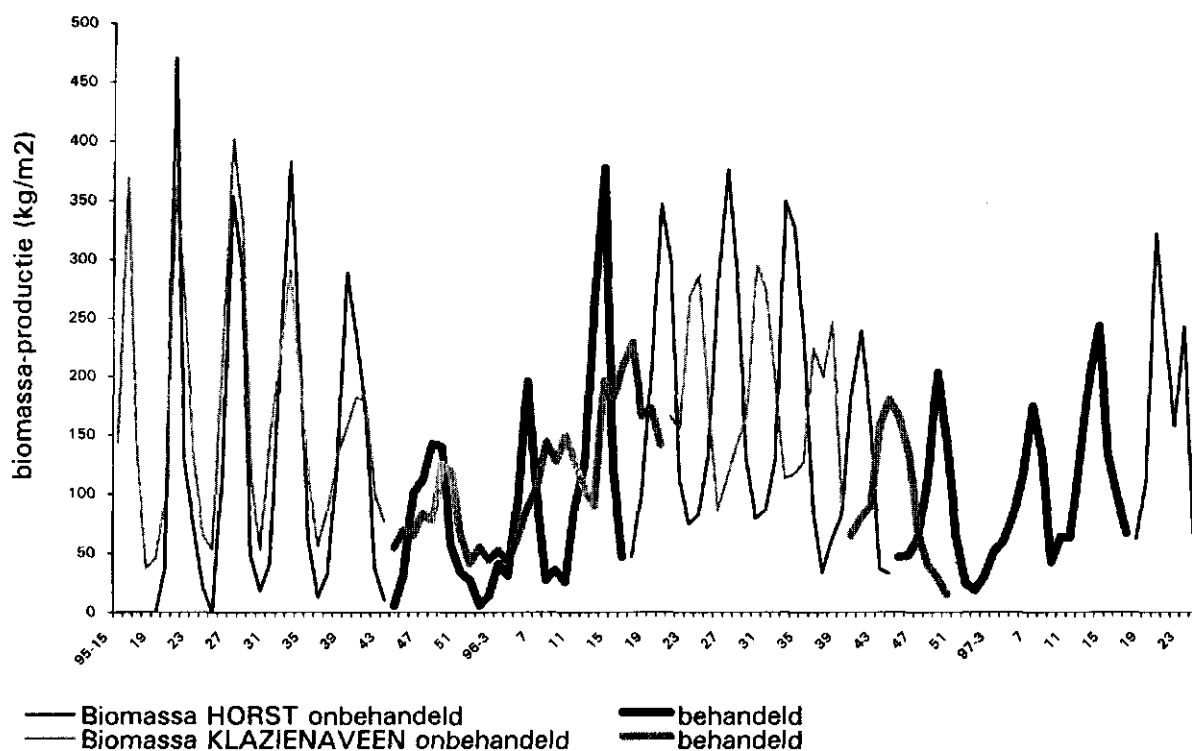
De mogelijkheden om via een DIF-instelling te komen tot energiebesparing liggen in het gecombineerd benutten van de warmteoverschotten 's nachts en de zonnewarmte overdag. Mogelijkheden daartoe worden besproken in hoofdstuk 4.

3.2 EFFECT KLIMAATSTRATEGIEËN OP PRODUCTIE

3.2.1 Het productieverloop

De gevolgde teeltwijze heeft geresulteerd in gewassen die de gehele onderzoeksperiode op snee hebben gestaan. De weekproductie vertoonde pieken en dalen, op de locatie Horst in nog grotere mate dan op de locatie Klazienaveen. Het eerste teeltjaar traden de pieken in de productie op beide locaties gelijktijdig op. Het verlate planttijdscip in Horst resulteerde in het verlies van precies één snee. In het tweede jaar traden de productiepieken in Klazienaveen steeds een halve snee later op dan in Horst. Door een tragere groei in de winter is de productie in Klazienaveen een halve snee gaan achterlopen, Figuur 4. In december 1996 is het gewas in Klazienaveen gerooid, zodat de proef in enkelvoud is doorgezet in Horst.

Figuur 4- Het verloop van de biomassa-productie in de proefperiode op beide locaties, gemeten in gram/m² per week



Voor de verschillende klimaatbehandelingen verliepen de productiepieken geheel parallel. De behandelingen hebben dus geen effect gehad op de groeisnelheid. De gegevens over de weekproductie zijn gesommeerd tot productiegegevens per snee om bij het vergelijken van productieperioden geen verstoring te krijgen door snee-effecten. Een snee is hierbij gedefinieerd als de productie tussen de weken met de laagste weekproducties aan begin en einde van de snee. Voor vergelijking van de productiviteit tussen zowel behandelingen als locaties is steeds gekeken naar de productie over één of meer sneden of naar de gemiddelde productie per week tijdens een snee.

De klimaatbehandelingen zijn begin september ingesteld. Het effect op de productie is gemeten tijdens drie sneden in het winterhalfjaar, in 1995/96 vanaf week 44 en in 1996/97 vanaf week 40 en week 45 voor respectievelijk Klazienaveen en Horst.

Gezien het vroege rooitijdstip in Klazienaveen is hier in 1996/97 het productie-effect gemeten aan slechts één snee.

3.2.2 Behandelingseffecten

De biomassaproductie per week volgt in zeer sterke mate de beschikbare hoeveelheid licht, zonlicht aangevuld met assimilatiebelichting. De productieverschillen tussen de behandelingen zijn gering, in totaal blijven de productieverschillen beperkt tot 4%. De productieverschillen in gram/m² per week werden voor een groter deel in de zomerperiode gerealiseerd, wanneer bij alle behandelingen een gelijk klimaat wordt gerealiseerd, dan in de winterperiode, Tabel 4

Tabel 4- De biomassa-productie in de behandelde, gearceerde en onbehandelde perioden

HORST		Controle		Behandeling	DIF
		- scherm	+ scherm	- min.buis	
week 19-43/'95	1e-4e snee	3391	3342	3436	3242
week 44-16/'95-'96	5e-7e snee	2320	2226	2200	2367
week 17-44/'96	8e-11e snee	4427	4755	4610	4800
week 45-18/'96-'97	12e-14e snee	2421	2437	2397	2424
totaal	1e-14e snee	12559	12759	12643	12833
	In %	98	100	99	101

KLAZIENAVEEN					
week 15-43/'95	1e-5e snee		4787	4641	4888
week 44-19/'95-'96	6e-8e snee		3154	3044	2950
week 20-39/'96	9e-11e snee		3806	3453	3504
week 40-49/'96	12e snee		959	1069	1015
totaal	1e-12e snee		12705	12207	12357
In %			100	96	97

De verschillen tussen de behandelingen kwamen niet elke snee in dezelfde mate naar voren. Een relatief hoge productie bij de ene snee kon bij de volgende snee weer teniet gedaan worden, Bijlage 2a. De afwijkingen waren echter voor geen enkele behandeling systematisch positief of negatief. De kleine productieverschillen tussen de behandelingen zijn daardoor niet toe te schrijven aan een behandelingseffect, ze berusten op zuiver toeval (zie ook de discussie).

3.3 EFFECT KLIMAATSTRATEGIEËN OP PRODUCTKWALITEIT

3.3.1 Effect op takgewicht en taklengte

De geoogste taklengte van gemiddeld ca. 75 cm, met een gewicht van gemiddeld ca. 43 gram, lag voor beide locaties en alle behandelingen, over de gehele proefperiode bijna gelijk, Tabel 5. In Klazienaveen waren de takken gemiddeld 1,7 cm langer en iets zwaarder dan in Horst. Een kwaliteitseffect door een energiebesparende klimaatinstelling (DIF) in Horst van mogelijk iets langere en

zwaardere takken werd niet bevestigd door de proefresultaten uit Klazienaveen. De controlebehandeling zonder scherm in Horst week qua productkwaliteit, taklengte en takgewicht, niet af van de controlebehandeling met scherm.

Tabel 5a - De taklengte in de behandelde en de onbehandelde perioden op de beide locaties in cm taklengte per steel

		controle		Behandeling	DIF
HORST		- scherm	+ scherm	- min buis	
week 19-43/'95	1e-4e snee	68.3	67.5	66.6	68.7
week 44-16/'95-'96	5e-7e snee	77.8	78.8	79.4	81.5
week 17-44/'96	8e-11e snee	73.2	73.2	73.1	75.0
week 45-18/'96-'97	12e-14e snee	82.2	80.0	81.6	84.7
Totaal	1e-14e snee	75.3	74.9	74.5	77.1
In %		101	100	99	103
KLAZIENAVEEN					
week 15-43/'95	1e-5e snee		68.9	68.4	67.0
week 44-19/'95-'96	6e-8e snee		82.6	83.6	82.6
week 20-39/'96	9e-11e snee		73.2	72.2	72.2
week 40-49/'96	12e snee		81.3	78.6	76.3
Totaal	1e-12e snee		78.0	77.6	76.8
In %			100	99	98

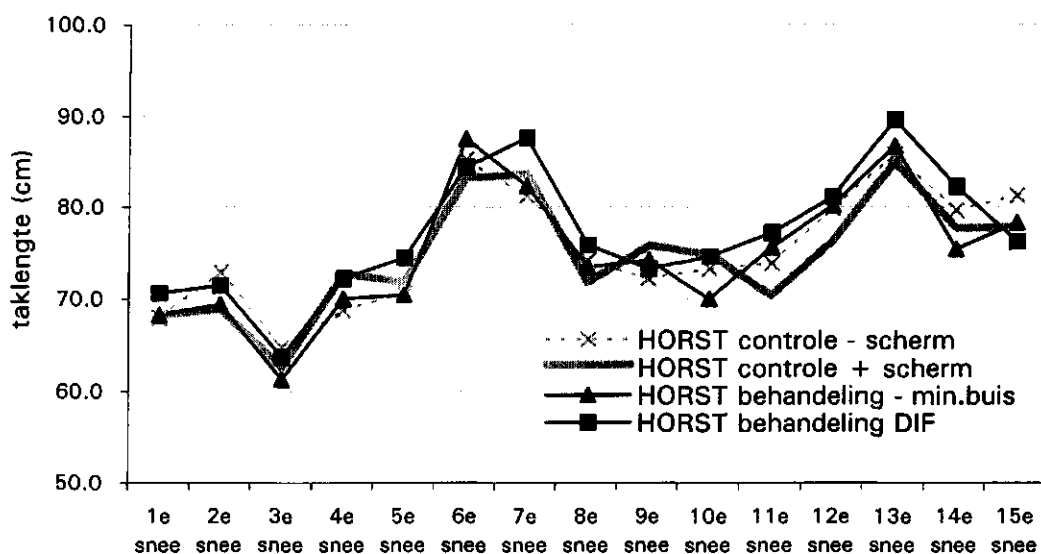
Tabel 5b - Het takgewicht in de behandelde en onbehandelde perioden, voor beide locaties, in gram per tak

		Controle		Behandeling	DIF
HORST		- scherm	+ scherm	- min.buis	
Week 19-43/'95	1e-4e snee	43.8	43.1	42.5	43.6
Week 44-16/'95-'96	5e-7e snee	40.2	40.6	41.6	42.3
Week 17-44/'96	8e-11e snee	44.3	44.4	44.9	46.0
Week 45-18/'96	12e-14e snee	39.1	37.7	38.2	39.3
Totaal	1e-15e snee	39.2	39.0	39.3	40.2
In %		101	100	101	103
KLAZIENAVEEN					
Week 15-43	1e-5e snee		39.8	41.3	40.8
Week 44-19	6e-8e snee		45.8	46.6	44.0
Week 20-39	9e-11e snee		46.2	45.2	44.5
Week 40-49	12e snee		40.4	40.7	39.0
Totaal	1e-12e snee		43.0	43.5	42.4
In %			100	101	99

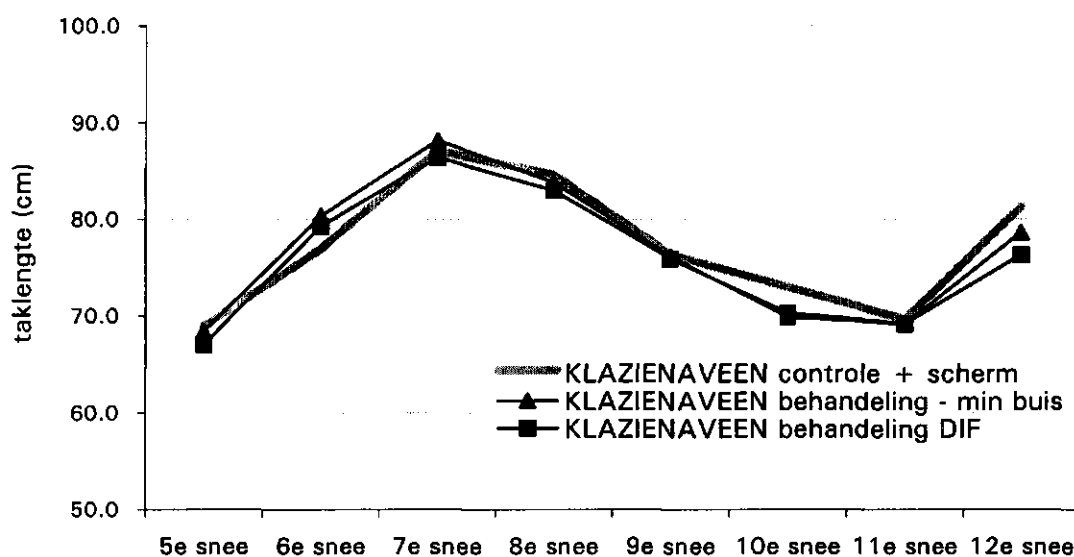
Het effect van de behandelingen op de productkwaliteit was van snee tot snee verschillend. De taklengte van één van de behandelingen kon bijvoorbeeld tijdens één snee ca. 3% boven de gemiddelde taklengte liggen om er tijdens een volgende snee er 2% onder uit te komen, Figuur 5.

De van snee tot snee kleine, doch wisselende verschillen in taklengte tussen de proefkassen blijken niet toe te schrijven als effect van de klimaatsbehandeling.

Figuur 5a - De gemiddelde taklengte tijdens de proefperiode voor elk van de behandelingen, locatie HORST, in cm per tak per snee



Figuur 5b - De gemiddelde taklengte tijdens de proefperiode voor elk van de behandelingen, locatie KLAZIENAVEEN, in cm per tak per snee



3.3.2 Effect op houdbaarheid

In het stookseizoen 1995/1996 is het vaasleven van de getoetste rozen vrij constant geweest, variërend van gemiddeld 10 tot 12 dagen per inzetdatum (zie Tabel 6). De voornaamste reden van afschrijving was blauwkleuring van de bloem. Bij de inzetten in november, december en maart is er geen effect van zowel de klimaatbehandelingen als de locaties op het vaasleven geweest. Bij de inzet in april waren de rozen van de DIF-behandeling langer houdbaar dan die van de controle-

behandeling, maar niet langer dan die van de behandeling met reductie van de minimumbuis. Bovendien waren bij deze inzet de takken afkomstig van Horst significant langer houdbaar dan die van Klazienveen.

Tabel 6 Vaasleven (aantal dagen) van het houdbaarheidsonderzoek in stookseizoen 1995/1996

inzet- datum	contr. - (Horst)	Contr. +	reductie min.buis	DIF	gem.*	Horst*	Klazienv- veen
nov.	11,6	11,4	11,4	11,3	11,4	11,3	11,4
dec.	11,2	10,9	10,6	10,6	10,7	10,5	11,0
mrt.	10,0	11,0	11,0	10,5	10,8	11,3	10,3
apr.	10,6	9,1	9,7	10,4	9,7	10,8	9,2
<i>Totaal</i>	<i>10,9</i>	<i>10,6</i>	<i>10,7</i>	<i>10,7</i>	<i>10,7</i>	<i>11,0</i>	<i>10,5</i>

* het totale gemiddelde en het gemiddelde van de locatie in Horst is berekend zonder de controle-behandeling zonder scherm

In het stookseizoen 1996/1997 heeft het vaasleven gevarieerd van gemiddeld 12 tot 14 dagen per inzetdatum (Tabel 7). Ook hier was blauwkleuring de voornaamste reden om een bloem af te schrijven. Bij de inzetdata in oktober (Horst), november (Klazienvveen) en januari (Horst) zijn geen effect van de klimaatbehandelingen geconstateerd. Bij de inzetdatum in april (Horst) zijn wel effecten van de klimaatbehandelingen gevonden, maar de uitkomsten van de ingezette bloemen die wel of geen transportsimulatie hebben gehad komen niet overeen. Volgens verwachting zijn de rozen zonder transportsimulatie langer houdbaar geweest dan met transportsimulatie. Dit bleek bij alle vier inzetdata. Het verschil varieerde van één tot vier dagen.

Tabel 7 Vaasleven (aantal dagen) van het houdbaarheidsonderzoek in stookseizoen 1996/1997

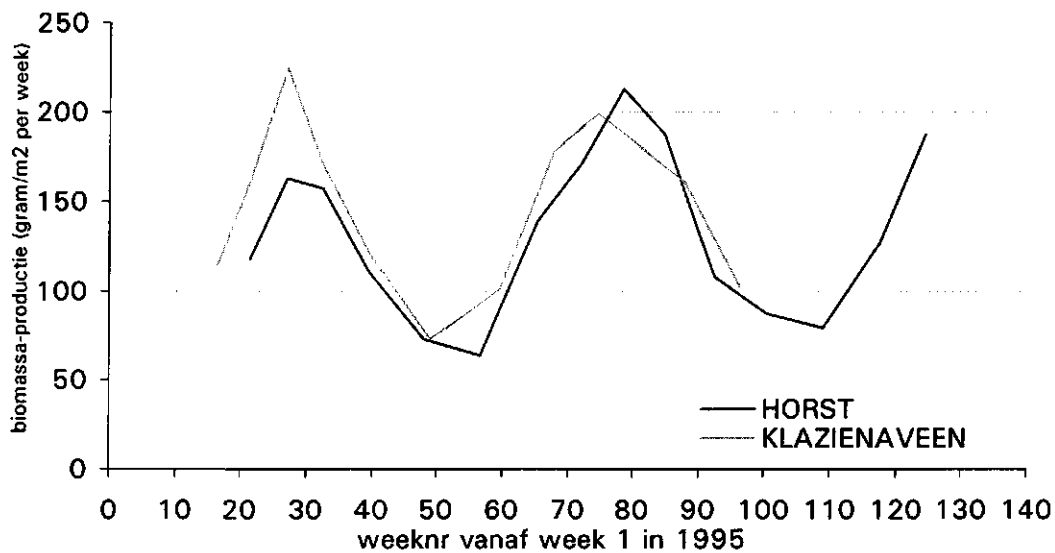
inzet- datum	contr. - (Horst)	Contr. +	reductie min.bui s	DIF	gem.*	zonder transport- simulatie*	met transport- simulatie*
okt.	13,7	14,7	13,9	15,0	14,5	14,9	14,1
nov.	-	11,8	13,1	12,3	12,4	13,6	11,2
jan.	10,0	13,3	12,5	11,3	12,3	14,3	10,4
apr.	12,8	14,6	14,4	13,7	14,2	14,9	13,2
<i>Totaal</i>	<i>12,2</i>	<i>13,6</i>	<i>13,5</i>	<i>13,1</i>	<i>13,4</i>	<i>14,4</i>	<i>12,2</i>

* bij de inzetdata in oktober, januari en april is voor het berekenen van de gemiddelden de controlebehandeling zonder scherm niet meegenomen

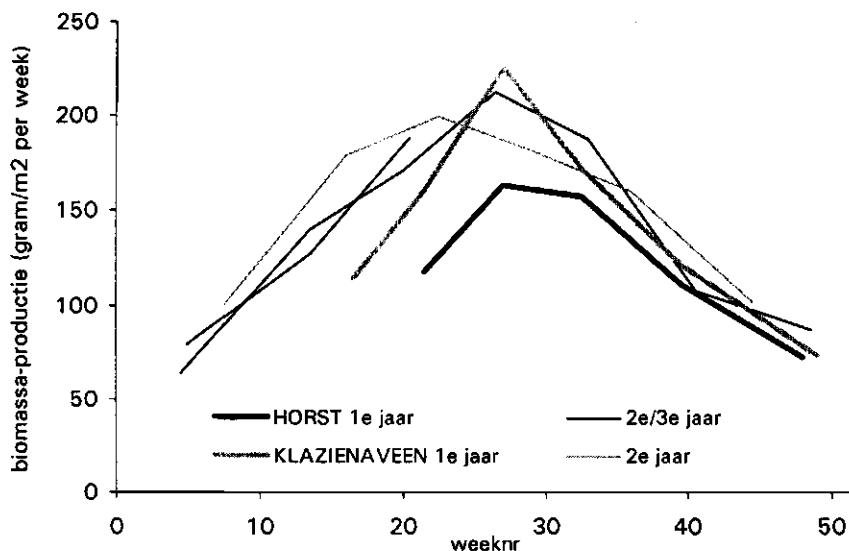
3.4 LOCATIEVERSCHIL EN LEEFTIJDSEFFECT

Tussen de locaties trad, in het eerste teeltjaar, verschil op in productie. De duidelijk hogere biomassa-productie in Klazienaveen in 1995, Figuur 6, is toe te schrijven aan de extra snee die samenhangt met het eerdere planttijdstip. De tweede en volgende sneden in Klazienaveen leverden ook meer gewicht op dan de sneden die terzelfder tijd in Horst werden geoogst. Het achterblijven van de productie in Horst heeft tot na de eerste winter doorgelopen.

Figuur 6 - Het verloop van de biomassaproductie per snee op de beide locaties



Figuur 7 - Het verloop van de biomassa-productie over het jaar op beide locaties



Bij vergelijking van de biomassaproductie tussen de jaren blijkt dat de productie in Klazienaveen, met enige aanloopverliezen tijdens de eerste en tweede snee, voor beide jaren op een gelijk peil lag, Figuur 7. In Horst met een planttijdstip in week 12 bleek dat de biomassaproductie zeker de eerste drie sneden en mogelijk nog enkele sneden langer heeft achtergelopen op de productie in het tweede en derde jaar. Dat een later planttijdstip leidt tot oogstreductie is vanzelfsprekend, doch dat

de biomassaproductie de eerste drie sneden en mogelijk nog langer zou achterblijven was niet verwacht.

Vanuit de praktijk wordt regelmatig gemeld dat gewasvervanging bij de teelt op substraten gedurende vrijwel het gehele jaar door kan plaatsvinden. Dat de praktijk zelf een duidelijke voorkeur heeft voor planten in december tot februari blijkt uit Tabel 8. Planten in de maanden april en mei is echter geheel geen zeldzaamheid.

Tabel 8 De verdeling van de planttijdstippen over het jaar bij roos cv 'First Red'.
Overzicht van alle geregistreerde partijen uit de seizoenen 1993/94 tot en met 1996/97 (registratie tot 1/1/97).

plant maand	Plantseizoen				totaal
	93/94	94/95	95/96	96/97	
7	1		2		3
8			2		2
9					0
10	1	2	3		6
11		3	3	2	8
12	4	6	3	1	14
1	4	17	19	3	43
2	3	13	12	7	35
3		4	2	1	7
4	6	6	1		13
5		1	8	1	10
6	1				1
totaal	20	52	55	15	142

Bron: 'De Ruiter Newroses'

4. DISCUSSIE

4.1 KASKLIMAAT, TEMPERATUUR EN RV

Het realiseren van geheel gelijke kasttemperaturen in de verschillende behandelingen blijkt niet eenvoudig te realiseren. Een verschil in plaatsing van de sensoren voor klimaatregeling en klimaatregistratie leidt reeds tot verschillen in klimaatrealisatie bij gelijke instelling. Een directe feedback is nodig om de klimaatinstellingen zodanig bij te stellen dat het geregistreerde kasklimaat gelijk uitkomt. In deze proef kon dit deels niet of te laat plaatsvinden vanwege de ombouw van de dataloggersystemen op de proeflocaties. Met name door het geregeld ontstaan van warmte-overschotsituaties in de behandelingen onder gesloten bovenscherm is de klimaatinstelling niet gecorrigeerd voor verschillen in gerealiseerde kasttemperatuur, veroorzaakt door het verschil tussen verwarmings- en ventilatietemperatuur.

Een nauwkeurige rv-registratie staat en valt met goed onderhoud van de kousjes en de watervoorziening in de meetboxen. Ook in deze proef zijn de kousjes af en toe droog gevallen, waardoor meetdata verloren gingen. Voor een zeer nauwkeurige meting zouden de kousjes elke twee weken vervangen moeten worden. Voor deze praktijkproef is dit echter minder vaak gebeurd.

4.2 ENERGIEBESPARING

De energiekosten kunnen, volgens de resultaten van deze proef, behoorlijk worden beperkt door het terugdringen van de minimum buistemperatuur, zonder dat dit leidt tot daling van de productie of productkwaliteit. Het terugregelen van de buistemperatuur naarmate de instraling toeneemt wordt in de praktijk al toegepast en daarom ook in de proef. Het nog verder terugdringen van de minimum buistemperatuur tot alleen die uren waarop de rv te hoog oploopt levert echter nog altijd een besparing op van 3 tot 17%, afhankelijk van het weer en de hoogte van de ingestelde buistemperatuur. Beperken van de uren waarop de minimum buistemperatuur wordt gerealiseerd, heeft niet alleen een direct effect op het energieverbruik maar biedt tevens verruimde mogelijkheden om het energieverbruik nog verder terug te dringen door het toepassen van temperatuurintegratie. De energiebesparing die met de DIF-behandeling in deze proef kon worden gerealiseerd was zeer gering. De veronderstelling dat er tijdens de nachtelijke belichtingsuren veelal een warmte-overschotsituatie zou bestaan blijkt in de proefomstandigheden niet te kloppen. Het verhogen van het setpoint voor de verwarmingstemperatuur in de nachturen met 2°C kostte, bij een belichtingsintensiteit van één SON-T lamp 400 Watt per 12,5 m² een behoorlijke hoeveelheid energie, ca. 25% extra tijdens deze uren. Het realiseren van een besparing op stookkosten door overdag het setpoint met 2°C te verlagen was geen probleem. De grootte van de besparing was tussen de twee seizoenen wel behoorlijk verschillend. Buitenklimaat, buitentemperatuur en hoeveelheid instraling, bepaalt welke besparing mogelijk is. Om beduidend meer energie te besparen moet worden voorkomen dat 's nachts wordt gestookt als er overdag niet op het energieverbruik kan worden bespaard. In perioden met een behoorlijke instraling kan worden bespaard door geen of minder warmte af te luchten en 's nachts minder bij te stoken. Met een traditionele instelling van de klimaatregeling vraagt dit om een zeer frequente bijstelling van het setpoint voor de verwarmings-

temperatuur. Met een modernere regeling, die de nachttemperatuur automatisch aanpast aan de kasttemperatuur die overdag is gerealiseerd, is deze besparing vrijwel zonder inspanning te realiseren. Deze proef toont aan dat daarmee een besparing kan worden gerealiseerd, door een verlaging van de nachttemperatuur van naar schatting 1 à 2°C, van ca. 10% op de stookkosten. Minder afluchten overdag biedt ook meer mogelijkheden om de gewenste CO₂-concentratie te handhaven.

De mogelijkheden om door schermsluiting te komen tot een besparing op stookkosten zijn zowel in deze als in de voorgaande proef kwantitatief gemeten. In de voorgaande proef is gemeten dat gedurende de uren onder gesloten scherm tot ca. 50% op de stookkosten kon worden bespaard, ten opzichte van de behandeling zonder scherm.

Besparing in de de stabiele nacht bij buitentemp < 10°C (nanacht):

$$1993/94 \quad B = 5,26 - 0,54 * T_{\text{buiten}} \quad (R^2 = 66,4)$$

In deze proef is de besparing gemeten per etmaal bij buitentemp < 10°C:

$$1995/96 \quad B = 3,44 - 0,28 * T_{\text{buiten}} + 0,16 * \text{Wind} \quad (R^2 = 73,3)$$

$$1996/97 \quad B = 3,26 - 0,23 * T_{\text{buiten}} + 0,14 * \text{Wind} \quad (R^2 = 73,0)$$

Het verschil tussen de twee proeven in energiebesparing per graad wordt veroorzaakt doordat in 1993/94 alleen gekeken is naar de besparing per uur tijdens de uren dat de aanwezige schermen gesloten waren en in deze proef naar de besparing per uur, gemiddeld over het gehele etmaal. Ook in deze proef werd een besparing berekend tot 50% (situatie zonder warmteoverschotten). In deze proef kon echter ook het effect van de wind gemeten worden en dit resulteert in een extra besparingsmogelijkheid in winderige nachten.

Voor het bepalen van de gemiddeld te realiseren energiebesparing per jaar, door schermtoepassing, moet gerekend worden met de besparing per uur, afhankelijk van de (te verwachten) buitentemperatuur. In de voorgaande proef kwam de te realiseren besparing uit op ca. 7,5 m³/m². Dit zal met inbreng van de extra besparingsmogelijkheid in winderige nachten zeker 1 m³/m² hoger uitvallen.

Bij een hogere intensiteit van belichting dan in deze proef is gerealiseerd lopen de mogelijkheden tot het realiseren van een besparing op stookkosten snel terug. Bij deze belichtingsintensiteit ontstaat er pas een warmte-overschot bij buitentemperaturen boven 10°C. Bij een belichtingsintensiteit van 60 µmol/m².s (= ca 5400 lux) zal een besparing pas gerealiseerd kunnen worden bij buitentemperaturen onder 3°C.

4.3 PRODUCTIE

De verschillen in productie tussen de behandelingen zijn klein. Het aantonen dat de verschillen betrouwbaar zijn en dus te vertalen naar behandelingseffect vereist een nauwgezette uitvoering van de proef, waarbij versturende effecten zorgvuldig vermeden moeten worden. In deze proef is dat niet goed gerealiseerd, de verschillen in productie tussen de proefvelden zijn vrij groot. Een afwijking van 5% ten opzichte van de gemiddelde productie per snee komt bij alle behandelingen en op beide locaties voor.

De verschillen in productie tussen de behandelingen wisselen van snee tot snee en zijn dus niet aan een behandelingseffect toe te schrijven. Het aantal niet veilbare

takken is bij de cultivar 'First Red' klein en kan dus ook niet de oorzaak vormen voor productiever verschillen. De teeltmethode waarbij de takken diep worden teruggeknipt en er weinig blad op het gewas blijft staan kan wel een oorzaak zijn voor wisselende productie per snee. Bij deze snijmethode blijft het gewas na planten heel sterk op snee staan, Figuur 4. Het blijft dus elke zes tot negen weken voorkomen dat het gewas erg kaal komt te staan. Om toch enig blad op het gewas te houden worden de dunste takken van de knop ontdaan en ingebogen. Gezien het lage aantal takken per m² dat de cultivar 'First Red' produceert leidt elke oogstbare tak die wordt ingebogen tot een duidelijk merkbare reductie van de gemeten productie. De traditionele knipmethode waarbij op één vijfblad wordt geknipt zorgt er enerzijds voor dat het gewas nooit geheel kaal komt te staan en anderzijds dat door het uitlopen van een tweede oog op de zwaarste takken het gewas uit snee geraakt. Beide effecten te zamen dringen de noodzaak tot inbuigen terug.

Uit oogpunt van onderzoek naar productie-effecten bij (grootbloemige) rozen heeft de teeltmethode waarbij diep wordt teruggesneden nadelen en verdient de traditionele knipmethode op één of twee vijfbladen de voorkeur.

In vergelijking met de voorgaande proef met de teelt onder gesloten bovenscherm komen de resultaten volledig overeen. Zolang de gerealiseerde gemiddelde temperatuur over het etmaal bij verschillende klimaatinstellingen gelijk kan worden gehouden, worden er geen verschillen in productie en productkwaliteit gemeten.

4.4 PLANTTIJDSTIP

Uit praktijkonderzoek bij teelt in de grond, cultivars 'Sonia' en 'Motrea' bleek dat planten in maart of later leidt tot de productie van lichtere grondscheuten met minder zijtakken. Dit wordt veroorzaakt door meer instraling en een hogere kasttemperatuur in de tijd dat de grondscheuten worden gevormd en heeft een productieverlagend effect gedurende het gehele eerste jaar (Van Rijssel, 1979, 1981).

De reeds oude conclusie dat hogere kasttemperaturen in de tijd dat de grondscheuten zich ontwikkelen leidt tot een lichtere struik met een lagere productie, wordt in deze proef opnieuw bevestigd.

5. CONCLUSIES

Bij een belichtingsintensiteit van $30 \mu\text{mol}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ (= ca. 2700 lux) is het geen probleem om bij de teelt onder een gesloten bovenscherm de gewenste kasttemperatuur (gemiddelde etmaaltemperatuur) te realiseren.

Een wat hoger oplopende temperatuur tijdens de belichte uren onder gesloten bovenscherm kan (deels) gecompenseerd worden door een wat lager ingestelde kasttemperatuur overdag en in de donkerperiode.

Het wat hoger laten oplopen van de kasttemperatuur onder gesloten bovenscherm heeft een verlagend effect op de gerealiseerde rv op deze uren.

Terugdringen van de minimum buistemperatuur, op alle uren dat de hoogte van de rv dit toelaat, heeft een verhogend effect op de gerealiseerde rv en vermindert de verdamping (in de proef met ca. 10%).

Sluiting van een bovenscherm bespaart energie op alle uren dat er met geopend scherm extra verwarmd moet worden om de kasttemperatuur te realiseren (in de proef alle uren met buitentemperaturen onder 10°C). De energiebesparing kan oplopen tot 50% per uur.

De energiebesparing door sluiting van een bovenscherm treedt eerder op en valt hoger uit naarmate de windsnelheid toeneemt (het energieverbruik bij gesloten bovenscherm wordt nauwelijks meer beïnvloed door de heersende windsnelheid).

Terugdringen van een minimum buistemperatuur, op alle uren dat de hoogte van de rv dit toelaat, bespaart energie. Per stookseizoen kan hiermee een energiebesparing worden gerealiseerd tot ca. 15%.

Een verdergaande energiebesparing door een verminderd minimum buisgebruik te koppelen aan een DIF-instelling in de kasttemperatuur kan alleen worden gerealiseerd als overdag bespaard kan worden op de verwarmingskosten. De temperatuurcompensatie moet dan worden gerealiseerd tijdens de belichte uren 's nachts, liefst op uren met een warmte-overschot. De gerealiseerde extra energiebesparing is wel kleiner dan met het terugdringen van de minimumbuisgebruik alleen wordt bereikt.

De knipmethode waarop de takken diep worden teruggeknipt op een drieblad leidt ertoe dat 'First Red' op snee blijft staan gedurende een aantal teeltjaren.

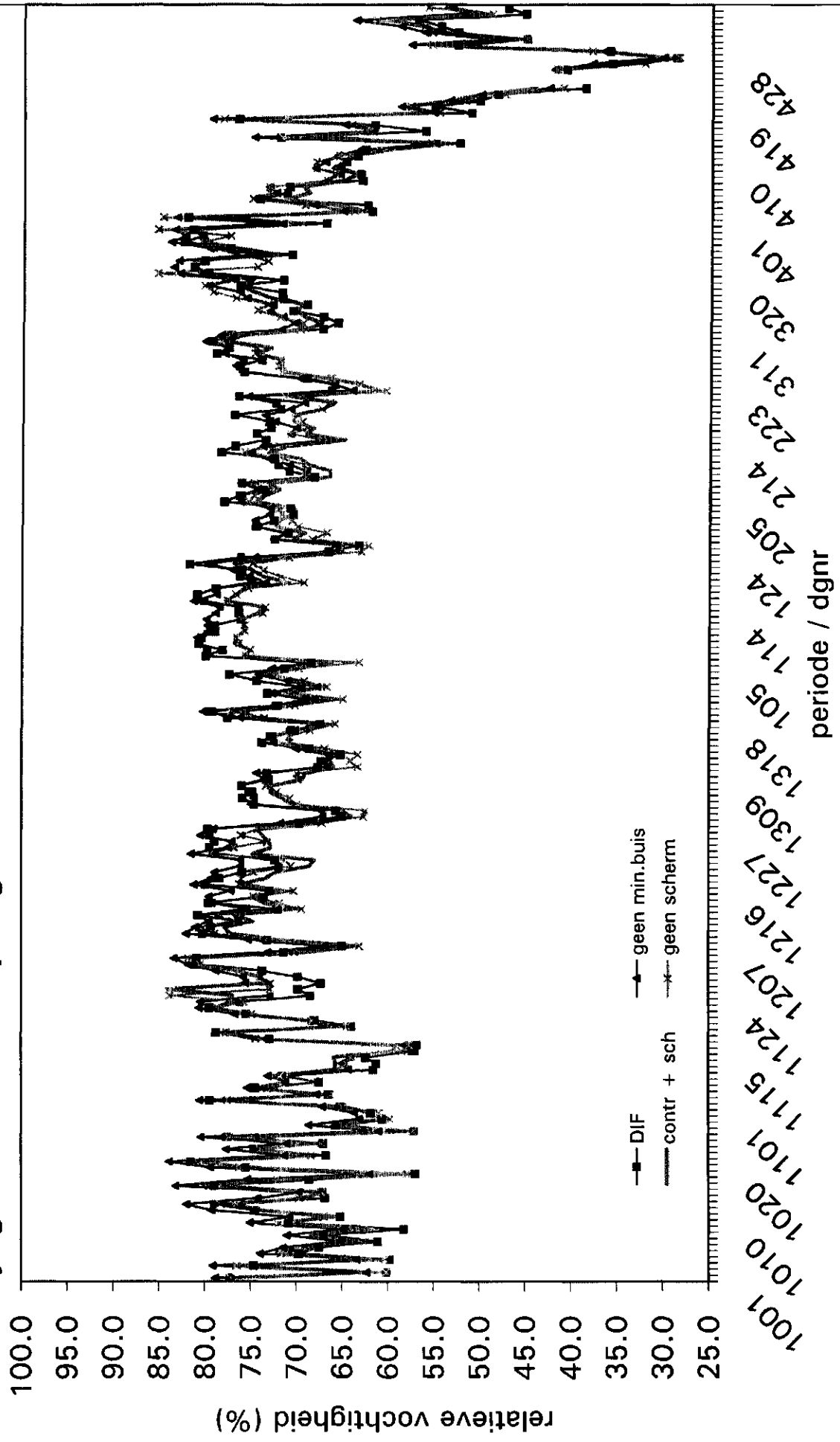
Aanhouden van minder minimumbuis en realiseren van lagere dag- en hogere nachttemperaturen, periode november tot maart, heeft geen negatieve effecten, noch op de productie (biomassa en stuks), noch op de productkwaliteit (taklengte en -gewicht).

Planten in week 12 ten opzichte van week 5 heeft niet alleen een effect op het tijdstip waarop het gewas in productie komt, maar ook een negatief effect op de latere productie, mogelijk tot in het vroege voorjaar van het tweede teeltjaar.

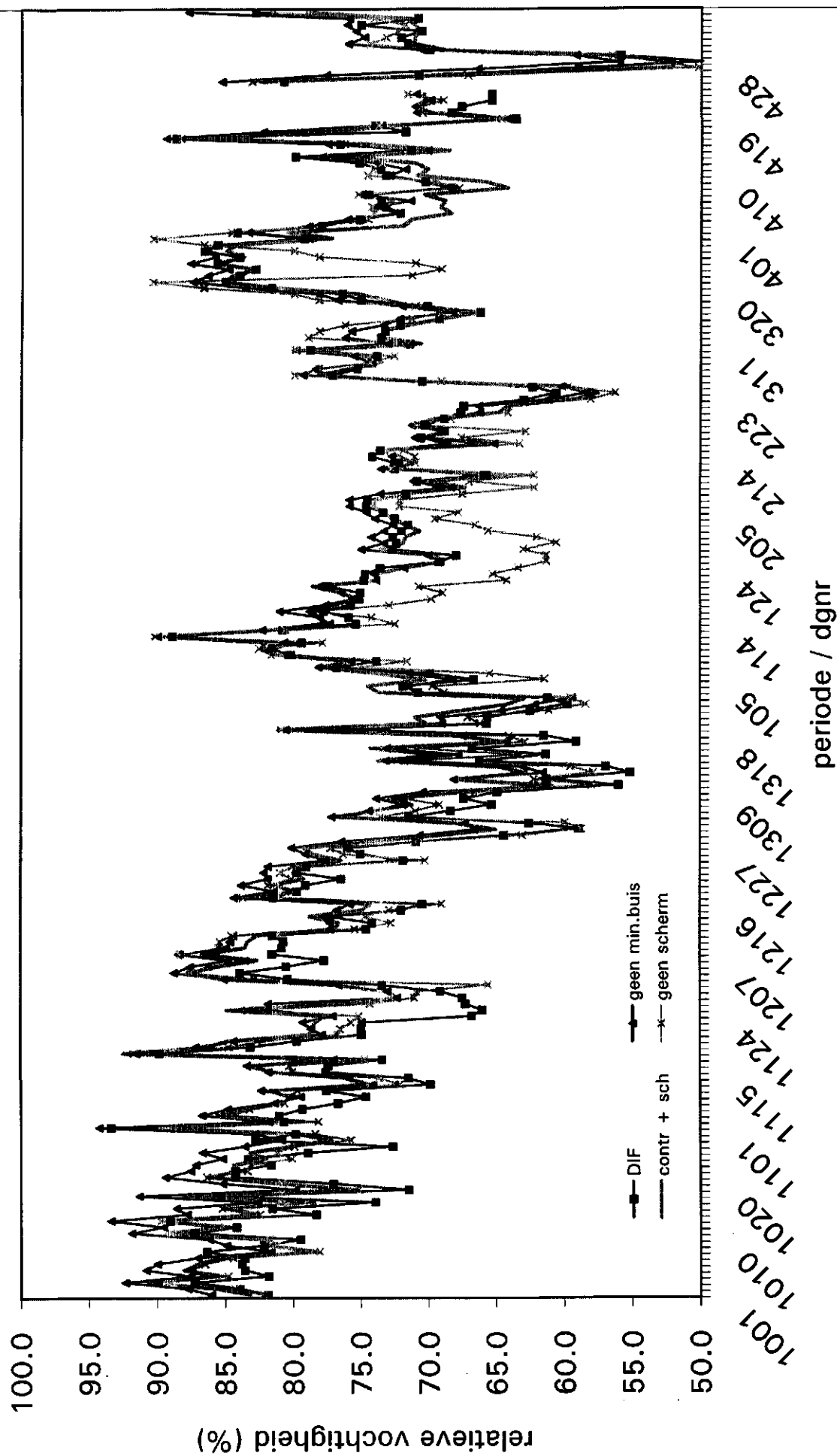
LITERATUUR

- Bakker, J., 1994. Vraagteken bij doel minimumbuis. *Groenten + Fruit* 2, 10-11.
- Berg, G. A. van den, 1987. Influence of temperature on bud break, shoot growth, flower atrophy and winter production of glasshouse roses. Proefschrift LUW, Wageningen, 170 pp.
- Graaf, R. de, 1995. Verrassende conclusies uit verdampingsonderzoek roos: effect minimumbuis verschilt per cultivar. *Vakblad voor de Bloemisterij*, vol 50, no 27, pg 32-33.
- Hendriks, L. und Scharpf, H.-C., 1987. Temperaturreaktion von Rosen. *Deutscher Gartenbau* 5: 272-276.
- Jodlbauer 1933. Das Temperatur- und Geschwindigkeitsfeld um ein geheiztes Rohr bei freier Konvektion. *Forschung auf dem Gebiete des Ingenieurswesens*. 4. Jahrgang der Zeitschrift Technische Mechanik und Thermodynamik Band 4, Juli/August 1933 /4.
- Kerssies, A., 1993. Het klimaat als bestrijdingsmiddel: botrytis cinerea en echte meeldauw. *Vakblad voor de Bloemisterij*, vol 48, no 23, pg 40-41.
- Mortensen, L.M. and Moe, R., 1992. Effects of CO₂ enrichment and different day/night temperature combinations on growth and flowering of *Rosa* L. and *Kalanchoe blossfeldiana* v. Poelln. *Scientia Hortic.*, 51, 145-153.
- Rijsdijk, A.A., 1996. Inventarisatie gebruik minimumbuis op tomatenbedrijven, een oriënterend onderzoek. Rapport 32, Proefstation voor de Bloemsterij en Glasgroente, Naaldwijk, 49 pp.
- Rijssel, E. van, 1979. Opbrengstbepalende factoren bij de teelt van kasrozen in het winterhalfjaar L.E.I. Den Haag NL Afd. 4, no. 84, 96 p.
- Rijssel, E. van, Vogelesang, J., Leeuwen, G. van, Wiel, A. van de, Weel, P. van, 1995a. Belichten onder gesloten bovenscherm. Effect schermtoepassing op kasklimaat, productie, kwaliteit en bedrijfsresultaat bij roos. Rapport 4, Proefstation voor Bloemisterij en Glasgroente, Aalsmeer, 38 pp.
- Rijssel, E. van, Vogelesang, J., Leeuwen, G. van en Wiel, A. van de, 1995b. Optimaal belichten. Effecten van assimilatiebelichting op opbrengsten en kosten bij roos. Rapport 8, Proefstation voor de Bloemsterij en Glasgroente, Aalsmeer, 36 pp.
- Stoffers, J.A. 1976. Heat transfer measurements in screened greenhouses. *Proceedings of the symposium on Technical and Physical Aspects of Energy Saving in Greenhouses*, pp 35-37.
- Welles, G.W.H., Rijssel, E. van, Bakker, J.C., Dop, A.J. en Vogelesang, J.V.M., 1993. Energiebesparingsonderzoek glastuinbouw; een stimuleringsprogramma in het kader van de meerjarenafspraak-energie, 107 pp.

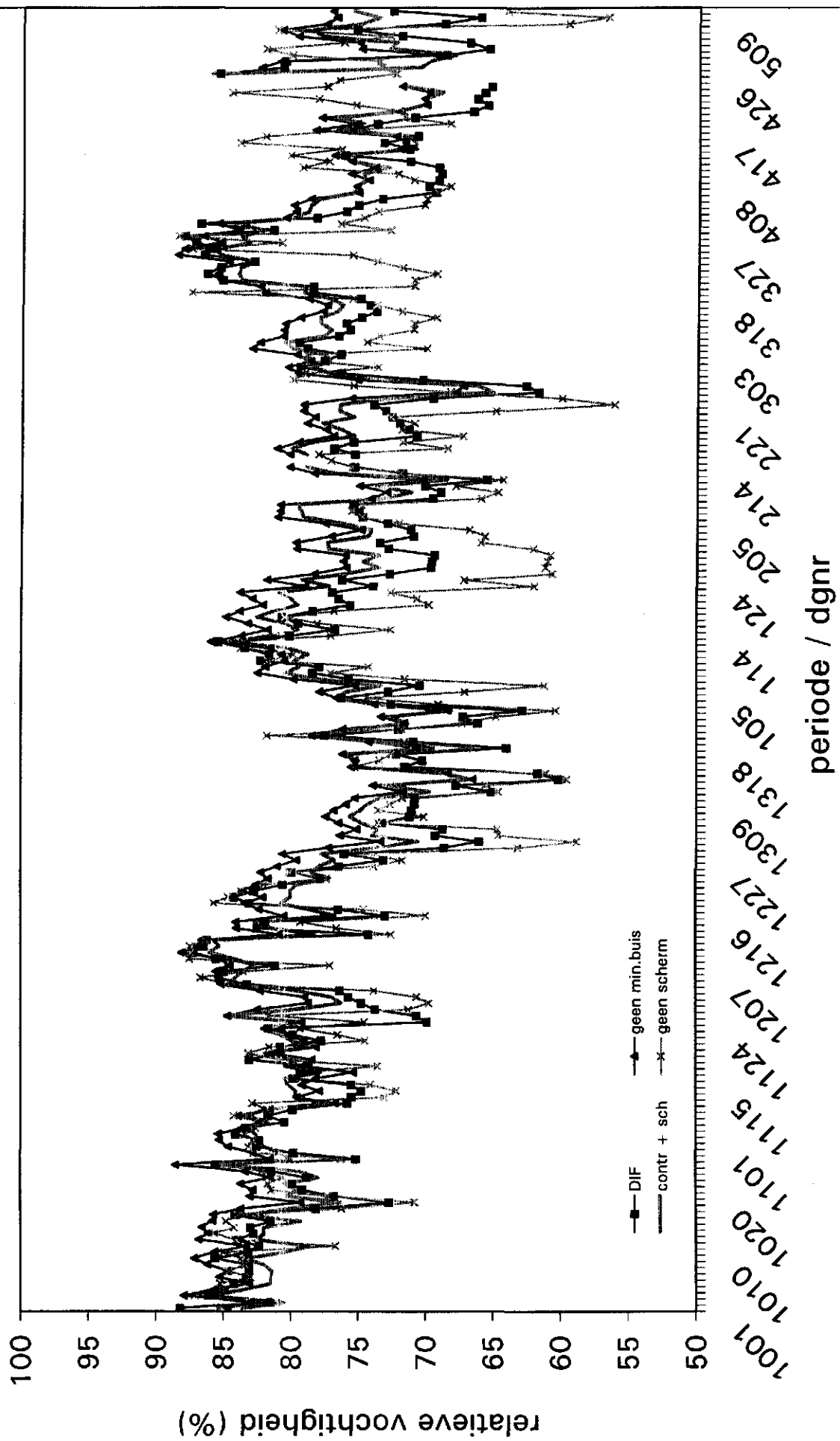
Bijlage 1a: RV verloop dag 1996/97



Bijlage 1b: RV verloop voornacht 1996/97



Bijlage 1c: RV verloop nanacht 1996/97



Bijlage 2a: Productiegegevens per behandeling per snee, biomassa-productie

Horst	Biomassaproductie (gram/m²)				Klazenaveen	Biomassaproductie (gram/m²)			
	controle		behandeling			controle		behandeling	
	- scherm	+ scherm	- min.buis	DIF		1e snee	+ scherm	- min.buis	DIF
week 19-24	1e snee	712	718	760	week 15-18		671	677	704
week 25-29	2e snee	822	751	849	week 19-24	2e snee	998	919	979
week 30-35	3e snee	926	962	941	week 25-29	3e snee	1086	1086	1204
week 36-43	4e snee	931	911	885	week 30-35	4e snee	1015	1017	1058
week 44-52	5e snee	671	636	645	week 36-43	5e snee	1017	941	944
week 01- 08	6e snee	516	509	503	week 44-02	6e snee	842	758	799
week 09-16	7e snee	1133	1081	1053	week 03-12	7e snee	1017	1040	948
week 17-23	8e snee	1167	1102	1283	week 13-19	8e snee	1294	1245	1204
week 24-29	9e snee	1216	1331	1311	week 20-25	9e snee	1264	1126	1199
week 30-36	10e snee	1267	1428	1184	week 26-32	10e snee	1368	1208	1233
week 37-44	11e snee	776	894	833	week 33-39	11e snee	1174	1118	1072
week 45-52	12e snee	686	713	729	week 40-49	12e snee	959	1069	1015
week 01-9	13e snee	700	751	683					
week 10-17	14e snee	1035	972	986					
week 18-23	15e snee	1195	1127	1074					
totaal		13753	13886	13719			12705	12204	12359

Bijlage 2b: Productiegegevens per behandeling per snee, stuksproductie

Horst	Stuksproductie (stuks/m²)				Klazienaveen	Stuksproductie (stuks/m²)			
	Controle		Behandeling			controle		behandeling	
	- scherm	+ scherm	- min.buis	DIF		+ scherm	- min.buis	DIF	
week 19-24	1e snee	13.1	13.1	13.7	week 15-18	1e snee	13.5	13.6	13.2
week 25-29	2e snee	18.3	17.2	20.6	week 19-24	2e snee	23.9	20.8	20.8
week 30-35	3e snee	22.5	24.7	23.8	week 25-29	3e snee	26.4	24.7	27.6
week 36-43	4e snee	23.4	22.4	22.7	week 30-35	4e snee	28.2	28.1	31.1
week 44-52	5e snee	18.9	17.6	17.5	week 36-43	5e snee	28.3	25.1	27.0
week 01- 08	6e snee	13.1	12.9	12.3	week 44-02	6e snee	22.2	19.3	21.7
week 09-16	7e snee	25.8	24.4	23.1	week 03-12	7e snee	21.8	22.0	21.2
week 17-23	8e snee	27.1	25.4	27.0	week 13-19	8e snee	24.9	24.0	24.2
week 24-30	9e snee	26.8	27.8	28.8	week 20-25	9e snee	26.0	23.2	25.2
week 31-36	10e snee	27.7	30.7	27.1	week 26-32	10e snee	29.3	27.0	27.4
week 37-44	11e snee	18.3	23.1	19.9	week 33-39	11e snee	27.0	26.2	26.1
week 45-01	12e snee	18.8	19.7	19.5	week 40-49	12e snee	23.7	26.3	26.0
week 02-10	13e snee	17.8	20.0	17.6					
week 11-18	14e snee	25.4	24.8	25.8					
week 19-24	15e snee	23.2	23.7	22.1					
Totaal		320.2	327.5	321.5	totaal		295.2	280.3	575.5

Bijlage 2c: Productiegegevens per behandeling per snee, takgewicht

HORST	Takgewicht (gram/stuk)			DIF	
	controle -scherm	+ scherm	behandeling - min.buis		
week 19-24/'95	1e snee	54.2	54.7	55.4	57.8
week 25-29/'95	2e snee	45.0	43.6	41.2	45.9
week 30-35/'95	3e snee	41.1	38.9	39.6	39.0
week 36-43/'95	4e snee	39.7	40.7	38.9	39.6
week 44-52/'95	5e snee	35.6	36.2	36.9	36.6
week 01- 08/'96	6e snee	39.3	39.5	40.9	39.6
week 09-16/'96	7e snee	43.9	44.4	45.6	47.8
week 17-23/'96	8e snee	43.1	43.3	47.6	48.1
week 24-30/'96	9e snee	45.3	47.9	45.5	47.3
week 31-36/'96	10e snee	45.8	46.5	43.7	45.5
week 37-44/'96	11e snee	42.5	38.7	41.8	42.5
week 45-01/'96	12e snee	36.6	36.2	37.5	36.2
week 02-10/'97	13e snee	39.3	37.5	38.8	39.4
week 11-1/'97	14e snee	40.7	39.1	38.2	41.2
week 19-24/'97	15e snee	51.5	47.6	48.5	48.7

KLAZIENAVEEN			DIF	
Takgewicht (gram/stuk)	controle + scherm	behandeling - min.buis		
week 15-18	1e snee	49.7	49.8	53.4
week 19-24	2e snee	41.7	44.2	47.1
week 25-29	3e snee	41.1	44.0	43.6
week 30-35	4e snee	36.0	36.2	34.0
week 36-43	5e snee	35.9	37.5	35.0
week 44-02	6e snee	37.9	39.3	36.8
week 03-12	7e snee	46.7	47.3	44.7
week 13-19	8e snee	52.0	51.9	49.7
week 20-25	9e snee	48.6	48.6	47.6
week 26-32	10e snee	46.7	44.7	45.0
week 33-39	11e snee	43.5	42.7	41.1
week 40-49	12e snee	40.4	40.7	39.0

BIJLAGE 3: Analyse van het effect van de weersomstandigheden op energieverbruik en energiebesparing

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur 1996

		n = 139	Se:	Const	Tb
Min scherm	$E = 13.412 - 0.5798 * Tb$			0.121	0.0288
Controle + scherm	$E = 9.466 - 0.2970 * Tb$			0.0888	0.0200
Min Buis	$E = 9.540 - 0.4071 * Tb$			0.100	0.0226
DIF	$E = 9.628 - 0.4048 * Tb$			0.104	0.0235

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur + wind 1996.

		n = 139	Se:	Const	Tb	wind
Min scherm	$E = 12.085 - 0.5719 * Tb + 0.3970 * W$			0.195	0.0252	0.0541
Controle + scherm	$E = 8.655 - 0.2900 * Tb + 0.2310 * W$			0.153	0.0198	0.0424
Min Buis	$E = 8.551 - 0.4096 * Tb + 0.2876 * W$			0.165	0.0213	0.0458
DIF	$E = 8.951 - 0.4168 * Tb + 0.1905 * W$			0.198	0.0256	0.0549

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur * wind 1996.

		n = 139	Se:	Const	Tb	wind	Tb*W
Min scherm	$E = 12.046 - 0.5471 * Tb + 0.4059 * W - 0.0074 * (Tb * W)$			0.209	0.0531	0.0568	0.0140
Controle + scherm	$E = 8.543 - 0.2211 * Tb + 0.2573 * W - 0.0208 * (Tb * W)$			0.161	0.0404	0.0439	0.0107
Min Buis	$E = 8.366 - 0.2961 * Tb + 0.331 * W - 0.0343 * (Tb * W)$			0.169	0.0423	0.0460	0.0112
DIF	$E = 8.73 - 0.2833 * Tb + 0.2422 * W - 0.0409 * (Tb * W)$			0.203	0.0508	0.0552	0.0135

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal t.o.v de controle met scherm in relatie tot de buitentemperatuur 1996.

		n = 139	Se:	Const	Tb
Controle - Min scherm	$B = -3.9473 + 0.2871 * Tb$			0.0781	0.0185
Controle - Min Buis	$B = -0.0727 + 0.11135 * Tb$			0.0427	0.00962
Controle - DIF	$B = -0.1572 + 0.1072 * Tb$			0.0635	0.0143
DIF - Min Buis	$B = -0.0839 - 0.0029 * Tb$			0.0638	0.0144

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal t.o.v de controle met scherm in relatie tot de buitentemperatuur + wind 1996.

		n = 139	Se:	Const	Tb	wind
Controle - Min scherm	$B = -3.442 + 0.2831 * Tb - 0.1624 * W$			0.151	0.0195	0.0419

Controle - Min Buis	$B = 0.1123 + 0.1219 \cdot T_b - 0.0590 \cdot W$	$R^2 = 62.6$	0.0816	0.0105	0.0226
Controle - DIF	$B = -0.291 + 0.1276 \cdot T_b + 0.0403 \cdot W$	$R^2 = 39.1$	0.127	0.0164	0.0352
DIF - Min Buis	$B = -0.402 + 0.078 \cdot T_b + 0.0992 \cdot W$	$R^2 = 5.6$	0.132	0.0170	0.0365

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal t.o.v de controle met scherm in relatie tot de buitentemperatuur*wind 1996.

Controle - Min scherm	$B = -3.513 + 0.3287 \cdot T_b - 0.146 \cdot W - 0.0137 \cdot (T_b \cdot W)$	$n = 139$	Se:	Const	T_b	wind	$T_b \cdot W$
Controle - Min Buis	$B = 0.1798 + 0.0805 \cdot T_b - 0.0748 \cdot W + 0.01251 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 73.5$		0.161	0.0408	0.0437	0.0108
Controle - DIF	$B = -0.187 + 0.0639 \cdot T_b + 0.0159 \cdot W + 0.01926 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 64.2$		0.0855	0.0214	0.0233	0.00567
DIF - Min Buis	$B = -0.367 - 0.0131 \cdot T_b + 0.0912 \cdot W + 0.00632 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 41.6$		0.133	0.0334	0.0363	0.00884
		$R^2 = 5$		0.141	0.0354	0.0385	0.00937

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur 1997

Min scherm	$E = 12.824 - 0.4897 \cdot T_b$	$n = 150$	Se:	Const	T_b
Controle + scherm	$E = 9.2087 - 0.2505 \cdot T_b$	$R^2 = 81.4$		0.130	0.0207
Min Buis	$E = 8.243 - 0.3425 \cdot T$	$R^2 = 70.0$		0.0903	0.0144
DIF	$E = 8.264 - 0.3783 \cdot T_b$	$R^2 = 75.1$		0.109	0.0173
		$R^2 = 81.0$		0.101	0.0161

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur + wind 1997.

Min scherm	$E = 11.985 - 0.4729 \cdot T_b + 0.3396 \cdot W$	$n = 139$	Se:	Const	T_b	wind
Controle + scherm	$E = 8.726 - 0.2404 \cdot T_b + 0.1935 \cdot W$	$R^2 = 86.8$		0.161	0.0177	0.0479
Min Buis	$E = 7.655 - 0.3302 \cdot T_b + 0.2358 \cdot W$	$R^2 = 75.7$		0.119	0.0132	0.0349
DIF	$E = 7.662 - 0.3659 \cdot T_b + 0.2409 \cdot W$	$R^2 = 80.0$		0.143	0.0158	0.0419
		$R^2 = 85.5$		0.130	0.0143	0.0379

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur*wind 1997

Min scherm	$E = 11.559 - 0.3911 \cdot T_b + 0.4921 \cdot W - 0.0313 \cdot (T_b \cdot W)$	$n = 149$	Se:	Const	T_b	wind	$T_b \cdot W$
Controle + scherm	$E = 8.474 - 0.1918 \cdot T_b + 0.2832 \cdot W - 0.01862 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 87.5$		0.216	0.0333	0.0707	0.0109
Min Buis	$E = 7.251 - 0.2523 \cdot T_b + 0.3797 \cdot W - 0.02988 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 76.4$		0.161	0.0250	0.0523	0.00819
DIF	$E = 7.175 - 0.2718 \cdot T_b + 0.4146 \cdot W - 0.03607 \cdot (T_b \cdot W)$	$R^2 = 91.3$		0.190	0.0294	0.0616	0.00965
		$R^2 = 87.2$		0.167	0.0259	0.0542	0.00848

Regressievergelijking voor het energieverbruik over een etmaal in relatie tot de buitentemperatuur 1997

Controle - Min scherm	$B = -3.6193 + 0.2393 * Tb$	n = 149	Se:	Const	Tb
Controle - Min Buis	$B = 0.9641 + 0.0924 * Tb$	R2 = 69.4		0.0886	0.0141
Controle - DIF	$B = 0.9539 + 0.1271 * Tb$	R2 = 38.8		0.0635	0.0101
DIF - Min Buis	$B = -0.0201 + 0.0362 * Tb$	R2 = 54.4		0.0639	0.0102
		R2 = 21.9		0.0372	0.00593

Regressievergelijking voor het energieverval over een etmaal t.o.v de controle met scherm in relatie tot de buitentemperatuur + wind 1997.

Controle - Min scherm	$B = -3.263 + 0.2326 * Tb - 0.1426 * W$	n = 139	Se:	Const	Tb	wind
Controle - Min Buis	$B = 1.0625 + 0.0904 * Tb - 0.0393 * W$	R2 = 73.0		0.122	0.0134	0.0362
Controle - DIF	$B = 1.0686 + 0.1248 * Tb - 0.0457 * W$	R2 = 39.3		0.0929	0.0102	0.0272
DIF - Min Buis	$B = 0.0005 + 0.03585 * Tb - 0.0081 * W$	R2 = 55.1		0.0932	0.0103	0.0273
		R2 = 21.5		0.0547	0.00604	0.0160

Regressievergelijking voor het energieverval over een etmaal t.o.v de controle met scherm in relatie tot de buitentemperatuur*wind 1997

Controle - Min scherm	$B = -3098 + 0.2009 * Tb - 0.2019 * W - 0.01217 * (Tb * W)$	n = 149	Se:	Const	Tb	wind	Tb*W
Controle - Min Buis	$B = 1.203 + 0.0632 * Tb - 0.0894 * W + 0.01041 * (Tb * W)$	R2 = 73.3		0.167	0.0257	0.0547	0.00845
Controle - DIF	$B = 1.295 + 0.0810 * Tb - 0.1264 * W + 0.01678 * (Tb * W)$	R2 = 40.1		0.127	0.0196	0.0411	0.00644
DIF - Min Buis	$B = 0.0793 + 0.0206 * Tb - 0.0361 * W + 0.00583 * (Tb * W)$	R2 = 57.1		0.125	0.0194	0.0405	0.00635
		R2 = 22.4		0.0748	0.0116	0.0242	0.00380